

## **Praxiseinführung des Anbaukonzeptes Weite Reihe unter besonderer Berücksichtigung des Qualitätsaspektes bei Backweizen im Ökologischen Landbau**

- Schlussbericht zum FuE-Projekt 98 UM 057, gefördert durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Frankfurt/M.
- Ausführende Institution:  
Justus-Liebig-Universität Gießen, Professur für Organischen Landbau unter Leitung von Prof. Dr. Günter Leithold
- Themenbearbeitung:  
Dipl.-Ing. agr. Konstantin Becker
- Kooperationspartner:  
Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume an der FAL Braunschweig

Gießen, im Mai 2003

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>PLANUNG UND ABLAUF DER ARBEITEN .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Feldexperimentelle Untersuchungen .....</b>	<b>3</b>
2.1.1	Standort- und Betriebsbeschreibung .....	3
2.1.1.1	Lage der Untersuchungsstandorte .....	3
2.1.1.2	Betriebsbeschreibungen .....	4
2.1.1.3	Versuchsflächen in den Betrieben.....	7
2.1.1.4	Witterungsverlauf.....	10
2.1.2	Versuchspläne .....	12
2.1.2.1	Feldexperimente in den Anbauperioden 1999/2000 und 2000/2001 .....	12
2.1.2.2	Feldexperimente in der Anbauperiode 2001/2002 .....	14
2.1.3	Prüfmerkmale Pflanze .....	15
2.1.4	Prüfmerkmale Boden.....	17
2.1.5	Mulchtechnik.....	19
2.1.6	Statistische Auswertung .....	20
<b>2.2</b>	<b>Betriebswirtschaftliche Untersuchungen .....</b>	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE DER FELDEXPERIMENTELLEN UNTERSUCHUNGEN .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1</b>	<b>Anbauperioden 1999/2000 sowie 2000/2001.....</b>	<b>21</b>
3.1.1	Winterweizen .....	21
3.1.1.1	Erträge .....	21
3.1.1.2	Ertragsparameter .....	24
3.1.1.3	Bestandesentwicklung.....	25
3.1.2	Untersaaten.....	28
3.1.3	Qualitätsparameter von Winterweizenkorn.....	31
3.1.4	Umweltparameter .....	38
3.1.4.1	Stickstoff .....	38
3.1.4.2	Bodenfeuchtigkeit .....	42
3.1.4.3	Bodenabtrag durch Wassererosion.....	43
3.1.4.3.1	Messungen im Feld .....	43
3.1.4.3.2	Messungen im Labor.....	43
3.1.5	Funktion der Mulchmaschine.....	44

<b>3.2</b>	<b>Anbauperiode 2001/2002 .....</b>	<b>46</b>
3.2.1	Optimierung des Weitreihenanbaus durch Variation von Aussaatstärke und Sortenwahl.....	46
3.2.1.1	Winterweizen .....	46
3.2.1.1.1	Erträge .....	46
3.2.1.1.2	Ertragsparameter .....	48
3.2.1.1.3	Bestandesentwicklung.....	50
3.2.1.2	Untersaaten.....	53
3.2.1.3	Qualitätsparameter Winterweizenkorn.....	54
3.2.1.4	Umweltparameter .....	57
3.2.2	Vorfruchtwirkung des Weitreihenanbaus von Winterweizen .....	61
<b>3.3</b>	<b>Zusammenfassung und Bewertung der Teilergebnisse .....</b>	<b>65</b>
3.3.1	Anbauperioden 1999/2000 und 2000/2001 .....	65
3.3.2	Anbauperiode 2001/2002 .....	72
<b>4</b>	<b>ERGEBNISSE DER BETRIEBSWIRTSCHAFTLICHEN UNTERSUCHUNGEN (KURZFASSUNG).....</b>	<b>75</b>
4.1	Überblick über die Ergebnisse der Modellrechnungen in den vier Partnerbetrieben .....	76
4.2	Erfahrungen mit dem Anbausystem Weite Reihe in acht weiteren Praxisbetrieben.....	80
<b>5</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNGEN .....</b>	<b>82</b>
5.1	Schlussfolgerungen aus den naturwissenschaftlichen Begleituntersuchungen ....	82
5.2	Schlussfolgerungen aus den betriebswirtschaftlichen Begleituntersuchungen ....	83
<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>85</b>
<b>7</b>	<b>LITERATUR .....</b>	<b>89</b>

## ANLAGE

## 1 Aufgabenstellung

Backweizen besitzt im ökologischen Landbau einen hohen Stellenwert. Die Erschließung eines immer breiteren Konsumentenkreises für Öko-Produkte bringt es mit sich, dass sich die Produzenten wachsenden Anforderungen an die Backqualität des Weizens stellen müssen. Dessen Erzeugung ist jedoch im Hinblick auf die erforderliche Qualität großen Schwankungen und Risiken unterworfen. Eine maßgebliche Ursache dafür sieht POMMER (2003) in einer nicht ausreichenden Stickstoffnachlieferung aus dem Boden in späten Wachstumsstadien nach der Blüte, so dass nicht genügend Stickstoff (N) für die Synthese von Korneiweiß zur Verfügung steht. Insbesondere bei viehloser Öko-Bewirtschaftung spitzt sich die Problematik einer nicht ausreichenden N-Versorgung des Weizens im späten Frühjahr zu. Aufgrund des Fehlens mehrjähriger Futterleguminosen in der Fruchtfolge stehen weniger Vorfrüchte mit hohem N-Nachlieferungsvermögen zur Verfügung. Außerdem fehlen die Möglichkeiten für eine späte Gülle- oder Jauchegabe. Folglich musste nach anderen Wegen gesucht werden, um das Problem wenigstens teilweise zu lösen.

Bereits STÖPPLER (1989) verweist darauf, dass - bedingt durch das geringe Stickstoffangebot infolge des Verzichtes auf die mineralische Stickstoffdüngung - im ökologischen Landbau allgemein geringere Bestandesdichten von Weizen angestrebt werden. BAEUMER (1992) empfiehlt unter nährstofflimitierten Bedingungen weite Reihenabstände, damit sich die in der Reihe dichter stehenden Pflanzen zunächst gegenseitig im Wachstum begrenzen und später von den verfügbaren N-Vorräten in der Kornfüllungsphase zehren können.

Insbesondere ein Praktiker leistete Pionierarbeit bei der Erprobung dieser Anregungen (STUTE 1996). In jüngeren Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass es möglich ist, mit Getreide-reihenabständen von 35, 45 oder sogar  $< 50$  cm ein für den ökologischen Anbau durchaus übliches Ertragsniveau bei gleichzeitiger Verbesserung der Qualitätsmerkmale zu erreichen (ALVERMANN 1996; GERMEIER 1997; HOCHMANN 1998).

Die erfolgreichen Erprobungen des Systems Weite Reihe, also der Anbau von Winterweizen mit weiten Reihenabständen, ermutigte eine immer größer werdende Zahl von Praktikern, dieses Anbaukonzept Schritt für Schritt in ihren Betrieben einzuführen. Allen voran waren vier Landwirte in drei Bundesländern bereit, diesen Weg zu gehen. Mit Förderung durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung Bonn (BLE) investierten diese Landwirte in den Kauf einer speziell von der Firma Kress & Co. angebotenen mehrreihigen Mulchmaschine, mit deren Hilfe eine Regulierung der Leguminosenuntersaat und des Unkrautes in den Reihenzwischenräumen ermöglicht wurde. Die Förderung durch die BLE ermöglichte es zugleich, die Praxiseinführung in den vier Beispielsbetrieben wissenschaftlich zu begleiten.

Die Ziele der wissenschaftlichen Begleitung waren a) die Dokumentation der Vorteile und Durchführbarkeit des Systems Weite Reihe bezüglich Umweltnutzen und Wirtschaftlichkeit sowie b) die Optimierung des Verfahrens auf der Grundlage der gesammelten experimentellen

Erfahrungen. In Abhängigkeit von den gewonnenen Erkenntnissen sollen schließlich Empfehlungen für einen breiten Einstieg der Öko-Praxis in das genannte System gegeben werden.

### **Indikatoren des Umweltnutzens**

Vielfältige Untersuchungen belegen den generell höheren Umweltnutzen des ökologischen Landbaus gegenüber der konventionellen Wirtschaftsweise (PIORR und WERNER 1998 u. 1999). Gelingt es, durch neue pflanzenbauliche Strategien u.a. zu einer Steigerung der Nährstoffeffizienz beizutragen – nach LINDENTHAL et al. (1996) Schwerpunkt einer Weiterentwicklung des ökologischen Landbaus – so kann diese alternative Wirtschaftsweise aus sich heraus verlässlicher und attraktiver werden und somit zu seiner weiteren Verbreitung führen.

Anhand von speziellen Untersuchungen zum Stickstoff- und Wasserhaushalt im System Boden-Pflanze sowie zur Erosionsanfälligkeit des Bodens bei verschiedenen Anbauvarianten wurde speziellen Fragen des Umweltnutzens nachgegangen.

### **Indikatoren der Wirtschaftlichkeit**

Im Mittelpunkt standen die pflanzenbaulichen Parameter Ertrag und Backqualität des Winterweizens sowie erste Anhaltspunkte zum Vorfruchtnutzen der geprüften Systeme. Darauf aufbauend erfolgten in den beteiligten Unternehmen betriebswirtschaftliche Analysen, um herauszufinden, unter welchen Bedingungen die Anwendung des Systems Weite Reihe für ökologisch wirtschaftende Landwirte eine ökonomisch interessante Alternative zu den herkömmlichen Anbauverfahren mit ca. 12 cm Reihenabstand sein kann.

### **Optimierung des Verfahrens**

Bereits in den Untersuchungsjahren 2000 und 2001 wurden Erkenntnisse über eine nötige weitere Verbesserung der geprüften Systeme gesammelt. Daher erfolgten im Anbaujahr 2002 auf zwei Standorten zusätzliche Untersuchungen zur Optimierung von Aussaatstärke und Sortenwahl sowie zum optimalen Zeitpunkt der Etablierung von Untersaaten im Frühjahr.

## 2 Planung und Ablauf der Arbeiten

Der Zuwendungsbescheid des im Oktober 1998 beantragten Projekt ist mit dem 30.06.1999 datiert. Die genehmigte Laufzeit für die wissenschaftliche Betreuung von drei Jahren begann am 01.07.1999 und endete zunächst am 30.06.2002. Mit dem Zuwendungsbescheid vom 28.06.2002 wurde das Projekt um neun Monate bis zum 31.03. 2003 verlängert. Neben der wissenschaftlichen Begleituntersuchung wurden die an dem Projekt beteiligten Landwirte bei der Investition in einen Reihenummulcher (siehe auch 2.1.5) unterstützt. An jedem der insgesamt vier verschiedenen Standorte wurden im Herbst 1999 Versuche nach gleichem Versuchsplan angelegt (Tab. 2.13). Im folgenden Vegetationsjahr 2000/2001 wurden diese Versuche in gleicher Form wiederholt, so dass die Auswertungen der gewonnenen Daten auf zweijähriger Basis stattfinden konnte. Im Herbst 2001 wurde auf zwei Untersuchungsstandorten jeweils eine weiterführende einjährige Versuchsanlage realisiert (Tab. 2.14), die in der Zeit der Projektverlängerung zur Auswertung kam. Die betriebswirtschaftlichen Untersuchungen wurden am Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume an der FAL in Braunschweig auf der Grundlage eines Werkvertrages durchgeführt.

### 2.1 Feldexperimentelle Untersuchungen

#### 2.1.1 Standort- und Betriebsbeschreibung

##### 2.1.1.1 Lage der Untersuchungsstandorte

Die geographische Lage der Versuchsstandorte wird aus Abbildung 2.1 ersichtlich. Die vier in den Bundesländern Baden-Württemberg, Hessen und Brandenburg gelegenen Betriebe unterscheiden sich stark in ihren Klima- und Bodeneigenschaften (Tab. 2.1 und 2.2).

Tabelle 2.1: Versuchsstandorte Praxiseinführung Weite Reihe

Bundesland	Standort	Höhenlage (m ü. NN)	mittlere Jahres- temperatur (°C)	mittlerer Jahres- niederschlag (mm/a)	Bodenart/ Bodenwert- zahl
Baden- Württemberg	Rottweil, oberer Neckarraum	520-560	6,9	750	s-sl-t / 45
Hessen	Bad Homburg, Wetterau	130-145	9,2	480	Sl / 75-82
Hessen	Gemünden, Ausläufer des Vogelsberges	290-340	7,1	680	Lt / 47
Brandenburg	Wilmersdorf, Uckermark	70	8,3	532	S-L / 20-65



Abb. 2.1 Untersuchungsstandorte Weite Reihe

### 2.1.1.2 Betriebsbeschreibungen

#### Standort Oberer Neckar, Baden-Württemberg:

Der voll arrundierte Pachtbetrieb liegt im Muschelkalkgebiet des oberen Neckarraumes und verfügt über 45 ha viehlos bewirtschaftetes Ackerland mit einer durchschnittlichen Schlaggröße von 8 ha sowie über 18 ha Grünland. Die Verwertung des Grünlandes erfolgt über Weidepensionstiere oder durch Heuverkauf.

Das Gelände hat ein kuppirtes, hängiges Relief mit stark differierenden Bodenverhältnissen von sandig über anlehmig bis hin zu tonigen Böden. Die Bonität der Ackerflächen beträgt im Durchschnitt 35 Bodenpunkte.

Der Betrieb wird nach den Richtlinien des Anbauverbandes Bioland bewirtschaftet. Seit 1974 wird konsequent auf die Pflugarbeit verzichtet. Die Bodenbearbeitung erfolgt mit einem mit Lockerungsscharen kombinierten Zinkenrotor der Fa. Dutzi.

Auf dem Betrieb wird eine dreifeldrige Fruchtfolge praktiziert. Nach einer Winterung folgt eine Sommerung, an die sich im dritten Jahr eine Brache anschließt. Durch hohe Niederschläge und die zum Teil ungünstigen Bodenverhältnisse sind die Flächen im Frühjahr oft erst sehr spät befahrbar. Eine befriedigende Unkrautregulierung durch Reihenhacke und Netzegge

Tabelle 2.2: Kennzahlen der ausgewählten Bio-Betriebe im Projekt „Weite Reihe“

		Oberer Neckar, Baden-Württemberg		Wetterau, Hessen		Vogelsberg, Hessen		Uckermark, Brandenburg	
		Normalsaat	Weite Reihe	Normalsaat	Weite Reihe	Normalsaat	Weite Reihe	Normalsaat	Weite Reihe
Natürliche Standortbedingungen									
Niederschläge	mm/a	750		480		680		530	
Jahresdurchschnittstemperatur	°C	6,3		9,2		7,1		8,2	
Bodentyp		Sand, sandiger Lehm, Ton		sandiger Lehm		toniger Lehm		Sand bis Lehm	
Geländegestaltung		kuppirt, hängig		eben		kuppirt, hängig		eben bis leicht hügelig	
Betriebstyp		viehloser Ackerbau		viehloser Ackerbau		Ackerbau und Mutterkühe		viehloser Ackerbau	
Betriebsgröße	ha	63		70		235		1.077	
Ackerfläche	ha	45		70		98		1.033	
Bodenbearbeitung		pfluglos/Dutzi	pfluglos/Dutzi	mit Pflug	mit Pflug	mit Pflug	mit Pflug	mit Pflug	mit Pflug
Unkrautregulierung		Hacke	Mulch	Striegel	Striegel/Mulch	Striegel	Striegel/Mulch	Striegel	Striegel/Mulch
Veränderungen des Anbausystems, Beweggründe zur WR		Bessere Unkraut-/Grasbekämpfung Mehr Winterungen (Weizen)		Weniger Klee gras-Brache und dennoch direkten Vorfrucht wert Bessere Unkraut-/Grasbekämpfung		Bessere Backqualität		Weniger Klee gras-Brache Bessere Unkraut-/Grasbekämpfung	
Fruchtfolge									
1. Feld		KleeG	KleeG	KleeG/Erb	KleeG/Erb	KleeG	KleeG	KleeG/Erb	KleeG/Erb
2. Feld		WW/Dink	WW <sub>WR</sub>	WW/Kart	WW <sub>WR</sub>	KleeG/Erb	KleeG/Erb	WW/Tri/Ra	WW <sub>WR</sub>
3. Feld		SW/Haf	Kink <sub>WR</sub>	Erb/Hanf/Haf	Kart/Gemüse	WW	WW <sub>(WR)</sub>	Rog/SG/SW	Hafer
4. Feld				Tri/Rog	WW <sub>WR</sub> /Hanf	Dink	Dink		Rog
5. Feld					Gemüse/KöM/Tri	Rog	Rog		Erb
6. Feld									Tri
Betriebliche WR-Variante		Untersaat Herbst, Mulchen		Untersaat Herbst, Mulchen		Untersaat Herbst, Mulchen		Untersaat März, Mulchen	
WW-Fläche	%	17	33	15	27	20	20		12
Bracheflächen	%	33	33	20	8	27	27		15
Kultur		WW/Dink		WW, (Tri)		WW		WW	
aktuelle Fläche unter Weite Reihe	ha	30		19		13		8	
Verringerung d. Aussaatmengen WW	%	-28							

Legende: WR = Weite Reihe, () = teilweise, WW = Winterweizen, SW = Sommerweizen, SG = Sommergerste, Dink = Dinkel, KleeG = Klee-Gras-Gemisch, Kart = Kartoffel, Haf = Hafer, Erb = Erbsen, Ra = Raps, Tri = Triticale, Rog = Roggen, KöM = Mais

Quelle: Stroh-Lömpcke et al. (2002)



konnte nicht erreicht werden. Vor allem der Ackerfuchsschwanz breitete sich im Laufe der Jahre stark auf der gesamten Fläche aus. Seit der Herbstbestellung 1997 wird das gesamte Getreide mit einer Reihenweite von 50 cm angebaut. Die Reihenzwischenräume werden seitdem ausschließlich gemulcht und verschiedene Kleearten eingesät. Seit der Einführung der Weiten Reihe wurde der Bracheanteil und der Anteil der Sommerung zugunsten der Winterfrüchte reduziert.

Die Vermarktung des Getreides erfolgt in erster Linie über eine regionale Erzeugergemeinschaft.

#### Standort Hessen, Wetterau

Auf dem am westlichen Rande der Wetterau gelegenen, viehlos bewirtschafteten Marktfuchtbetrieb gibt es rund 70 ha Ackerland mit einer Bonität von 75-82 Bodenpunkten. Auf den Flächen werden neben Getreide und Körnererbsen auch intensivere Kulturen wie Kartoffeln, Möhren und ähnliche Gemüsearten angebaut. Ungünstig wirkt sich oft der geringe Jahresniederschlag verbunden mit einer ausgeprägten Frühjahrstrockenheit aus.

Die Vermarktung erfolgt in erster Linie über den Anbauverband Naturland. Eine qualitätsgebundene Preisfindung bei Weizen wird hier schon seit längerer Zeit praktiziert. Von Bedeutung für die Einführung des Anbausystems Weite Reihe war neben einer erhofften Qualitätssteigerung bei Weizen die Möglichkeit einer effektiven Unkrautbekämpfung und die durch die Einsaat von Leguminosen bedingte Verbesserung der gesamtbetrieblichen Stickstoffversorgung. Dadurch werden vor allem für die intensiveren Kulturen Vorteile erhofft. Darüber hinaus wird eine Reduzierung des unproduktiven Grünbracheanteils angestrebt.

#### Standort Hessen, nordwestlicher Ausläufer des Vogelsberges

Der von seiner Mittelsgebirgslage geprägte Betrieb wird nach den Richtlinien des Demeter-Verbandes bewirtschaftet. Der durchschnittliche langjährige Niederschlag beträgt 680 mm. Bei den Böden handelt es sich überwiegend um schwer zu bewirtschaftende, flachgründige tonige Lehm Böden mit hohem Steinbesatz. Das Gelände ist zum Großteil sehr hängig. Die mit durchschnittlich 47 Bodenpunkten bewertete landwirtschaftliche Nutzfläche teilt sich auf in 130 ha Grünland und 98 ha Ackerland. Das Grünland wird über eine Mutterkuhherde genutzt. Zusätzlich wird auf der Ackerfläche mehrjähriges Klee gras angebaut, was zum einen die Bodenfruchtbarkeit verbessert und zum anderen Verwendung in der Fütterung findet. Der in den Wintermonaten anfallende Festmist wird sowohl zur Düngung des Grünlandes als auch zur Düngung des Ackerlandes eingesetzt. Aufgrund früherer zu stark getreidebetonter Fruchtfolgen und der schwierigen Mittelsgebirgslage herrscht auf dem Betrieb ein hoher Unkrautdruck. Der Betriebsleiter erhofft sich durch die Einführung der Weiten Reihe eine Verbesserung der Unkrautsituation. Außerdem bestehen regionale, monetär sehr interessante Absatzwege für qualitativ hochwertige Weizenpartien. Eine darauf ausgerichtete, kontinuierliche Produktion soll mit dem System Weite Reihe realisiert werden.

### Standort Brandenburg, Uckermark

Der über tausend Hektar Ackerfläche umfassende viehlos wirtschaftende Mähdruschbetrieb wird als eine GbR von zwei Betriebsleitern nach den Richtlinien des Bioland-Verbandes geführt. Die Bonität der sandigen bis lehmigen Böden erreicht einen durchschnittlichen Wert von 40 Bodenpunkten. Auf dem Standort macht sich der Einfluß des kontinentalen Klimas bemerkbar. Der durchschnittliche Niederschlag beträgt im langjährigen Mittel 530 mm pro Jahr. Vor allem in den Frühlings- und Frühsommermonaten kommt es oft zu längeranhaltenden Trockenperioden. Als stickstoffmehrendes Fruchtfolgefeld wird auf 20 bis 25 % der Fläche Klee gras in Form einer begrünten Rotationsbrache angebaut.

Von einem erfolgreichen Weitreihenverfahren versprechen sich die Betriebsleiter neben der Erzeugung von Qualitätsweizen in großen und einheitlichen Partien eine Reduktion der Brache fläche und eine effektive Unkrautbekämpfung.

#### **2.1.1.3 Versuchsflächen in den Betrieben**

Die Tabellen 2.3 bis 2.12 beinhalten Aussagen zur Lage, Bodengüte und Vorbewirtschaftung der für die unmittelbare Versuchsdurchführung ausgewählten Flächen. Auf keiner der Flächen lag ein Mangel an Makronährstoffen vor, der die Ergebnisse der Versuchsdurchführung hätte beeinträchtigen können.

Tabelle 2.3: Versuchsfläche Oberer Neckar 1999/2000

Schlagbezeichnung:	Scheunenfeld
Höhenlage:	595 m über NN
Ackerzahl:	38
pH; Güteklasse P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, Mg	7,2; B, C, C
Bodenart und Entstehung:	LT, Verwitterungsboden
Vorbewirtschaftung:	Hafer - Brache - (Winterweizen)

Tabelle 2.4: Versuchsfläche Oberer Neckar 2000/2001

Schlagbezeichnung:	Hofacker
Höhenlage:	535 m über NN
Bodenpunkte:	52
pH; Güteklasse P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, Mg	7,1; B, C, D
Bodenart und Entstehung:	sL, Alluvialboden
Vorbewirtschaftung:	Hafer - Brache - (Winterweizen)

Tabelle 2.5: Versuchsfläche Wetterau 1999/2000

Schlagbezeichnung:	Am Gutmannsbrunn
Höhenlage:	140 NN
Bodenpunkte:	66
pH; Güteklasse P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, Mg	7,0; B, C, C
Bodenart und Entstehung:	L, Lößboden
Vorbewirtschaftung:	Roggen - Erbsen - (Winterweizen)

Tabelle 2.6: Versuchsfläche Wetterau 2000/2001

Schlagbezeichnung:	Im Rodheimer Grund
Höhenlage:	135 m über NN
Bodenpunkte:	75
pH; Güteklasse P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, Mg	7,0; B, C, C
Bodenart und Entstehung:	L, Lößboden
Vorbewirtschaftung:	Erbse - Kartoffeln - (Winterweizen)

Tabelle 2.7: Versuchsfläche Wetterau 2001/2002

Schlagbezeichnung:	Im Rodheimer Grund
Höhenlage:	135 m über NN
Bodenpunkte:	75
pH; Güteklasse P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, Mg	7,0; B, C, C
Bodenart und Entstehung:	L, Lößboden
Vorbewirtschaftung:	Erbse – Ölrettich (Brache) - (Winterweizen)

Tabelle 2.8: Versuchsfläche Vogelsberg 1999/2000

Schlagbezeichnung:	Seelänge
Höhenlage:	295 NN
Bodenpunkte:	38
pH; Güteklasse P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, Mg	6,4; B, B, C
Bodenart und Entstehung: :	LT, steinhaltiger Verwitterungsboden
Vorbewirtschaftung:	Dinkel - Erbsen - (Winterweizen)

Tabelle 2.9: Versuchsfläche Vogelsberg 2000/2001

Schlagbezeichnung:	Pfingstweide
Höhenlage:	295 m über NN
Bodenpunkte:	41
pH; Güteklasse P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, Mg	6,5; B, C, C
Bodenart und Entstehung: :	LT, Verwitterungsboden
Vorbewirtschaftung:	Roggen - Erbsen - (Winterweizen)

Tabelle 2.10: Versuchsfläche Vogelsberg 2001/2002

Schlagbezeichnung:	Am See
Höhenlage:	295 m über NN
Bodenpunkte:	49
pH; Güteklasse P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, Mg	6,8; B, C, C
Bodenart und Entstehung: :	LT, Verwitterungsboden
Vorbewirtschaftung:	Roggen - Erbsen - (Winterweizen)

Tabelle 2.11 Versuchsfläche Uckermark 1999/2000

Schlagbezeichnung:	Kohlgarten
Höhenlage:	70 m über NN
Bodenpunkte:	40
pH; Güteklasse P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, Mg:	6,4; B, B, C
Bodenart und Entstehung:	SL, Verwitterungsboden
Vorbewirtschaftung:	Klee gras - Klee gras - (Winterweizen)

Tabelle 2.12: Versuchsfläche Uckermark 2000/2001

Schlagbezeichnung:	Biesenbrower Weg
Höhenlage:	70 m über NN
Bodenpunkte:	40
pH; Güteklasse P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, Mg	5,7; B, C, C
Bodenart und Entstehung:	SL, Verwitterungsboden
Vorbewirtschaftung:	Klee gras - Klee gras - (Winterweizen)

### 2.1.1.4 Witterungsverlauf

Die Abbildungen 2.2 bis 2.5 geben Aufschluss über den Witterungsverlauf auf den Untersuchungsstandorten im Untersuchungszeitraum.

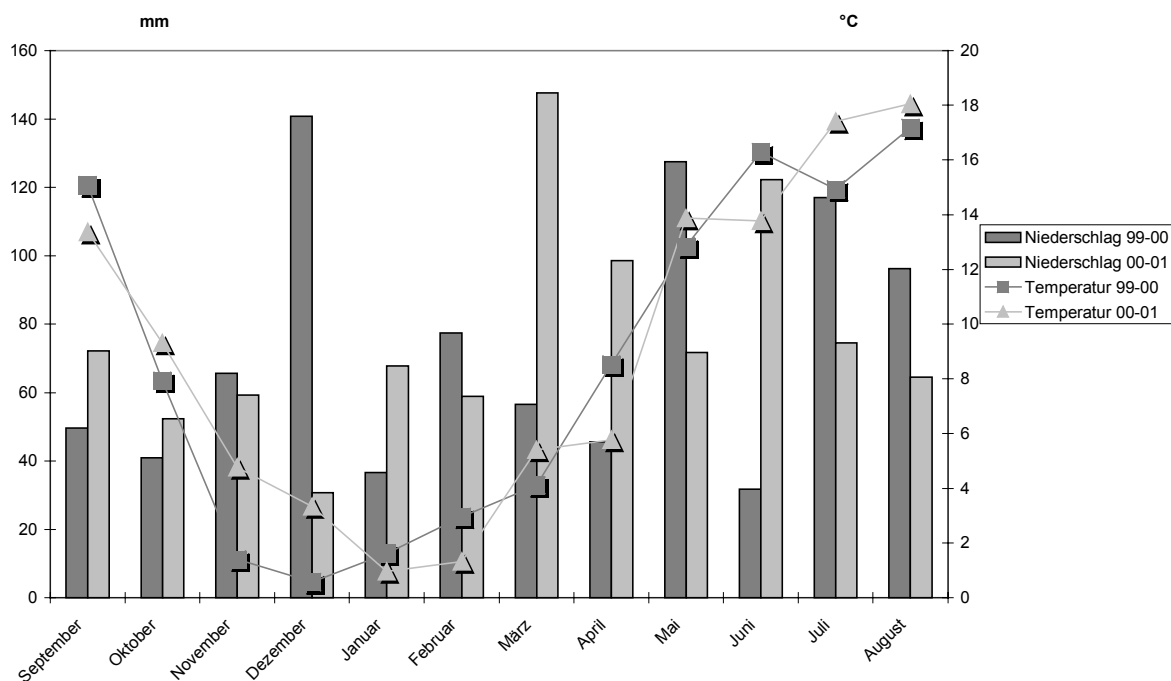


Abb. 2.2: Witterungsverlauf auf dem Standort oberer Neckar

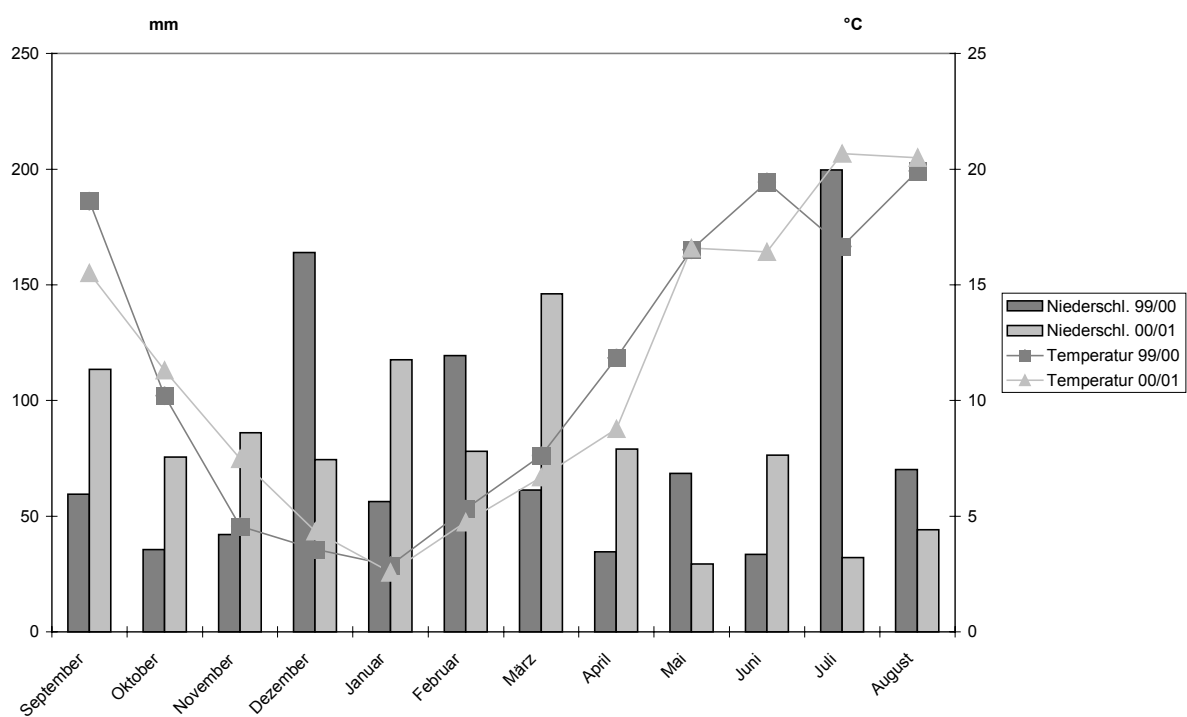


Abb. 2.3: Witterungsverlauf auf dem Standort Wetterau

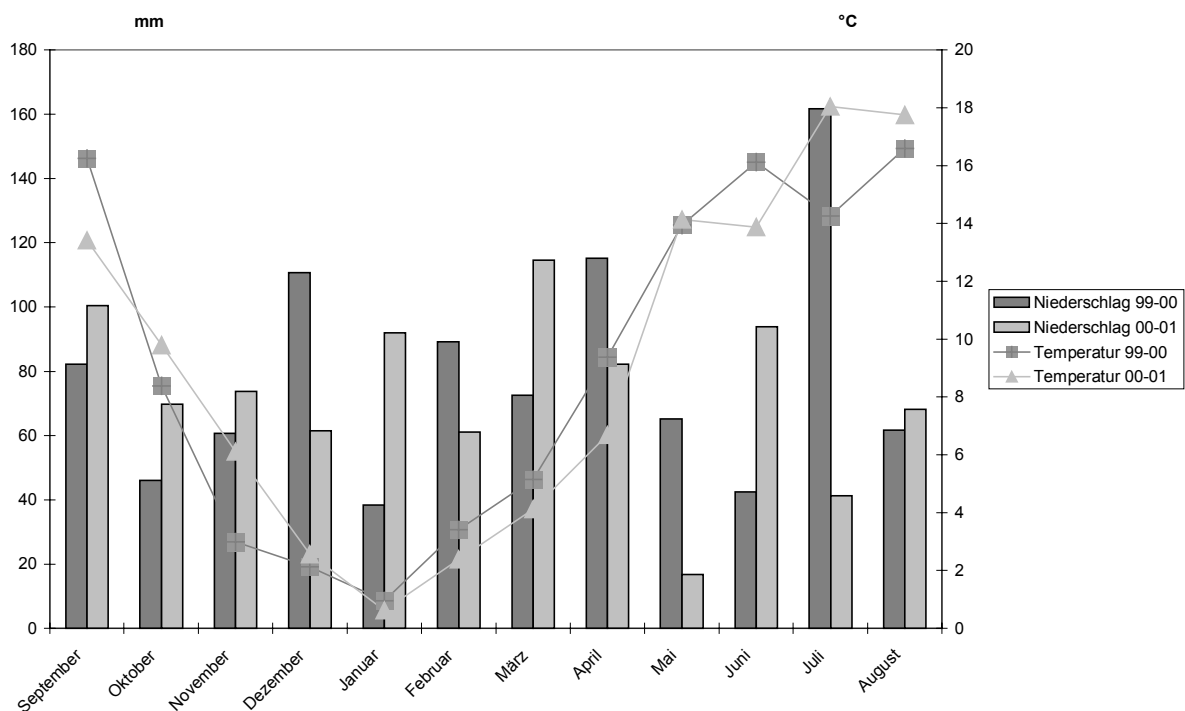


Abb. 2.4: Witterungsverlauf auf dem Standort Vogelsberg

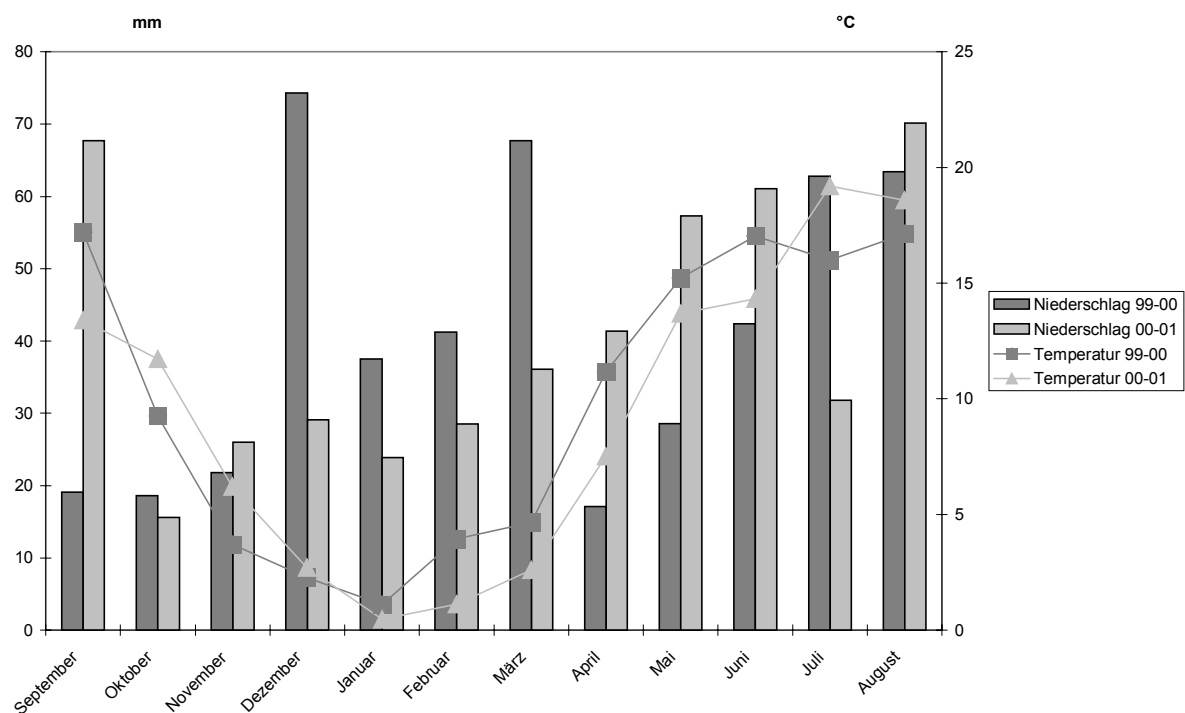


Abb. 2.5: Witterungsverlauf auf dem Standort Uckermark

## 2.1.2 Versuchspläne

### 2.1.2.1 Feldexperimente in den Anbauperioden 1999/2000 und 2000/2001

Zur wissenschaftlichen Begleitung des Vorhabens wurden auf den vier Praxisstandorten Feldversuche nach dem in Tabelle 2.13 wiedergegebenen Versuchsplan angelegt.

Tabelle 2.13: Versuchsanlage in den Vegetationsperioden 1999/2000 und 2000/2001

Anlagemethode:	Vollrandomisierte zweifaktorielle Blockanlage
Kontrollen K:	k <sub>1</sub> : praxisüblicher Reihenabstand k <sub>2</sub> : weite Reihe ohne Untersaat, gehackt
Prüffaktor A:	Saattermin der Untersaat, 3 Faktorstufen: a <sub>1</sub> : Aussaat zusammen mit Winterweizen im Herbst a <sub>2</sub> : Aussaat im frühen Frühjahr (März) a <sub>3</sub> : Aussaat im späten Frühjahr nach mehrmaligem Hacken
Prüffaktor B:	Mulchtechnik, 2 Faktorstufen: b <sub>1</sub> ohne Kontrolle der Untersaaten b <sub>2</sub> : Kontrolle der Untersaaten mit Mulchtechnik
Wiederholungen:	4
Gesamtparzellenzahl:	32
Parzellenbreite:	Maschinenbreite (3m )
Parzellenlänge:	20 m

Die Variante k<sub>1</sub> repräsentiert das herkömmliche Anbauverfahren, k<sub>2</sub> das Anbausystem Weite Reihe mit 50 cm Reihenweite. Der gewählte Reihenabstand resultiert aus der Arbeitsbreite der eingesetzten Mulchtechnik (vgl. Pkt. 2.1.5)

Der Prüffaktor A umfasst die Leguminosenuntersaat in dreifacher Abstufung. Der Prüffaktor B beinhaltet die Kontrolle der Untersaat mit der speziell entwickelten Mulchtechnik in zweifacher Abstufung.

### Weitere Angaben zur Versuchsdurchführung

➤ Sortenwahl: Winterweizensorte Bussard (E-Weizen)

➤ Vorfrüchte:

	1999	2000
Betriebe		
Oberer Neckar	Rotationsbrache	Rotationsbrache
Wetterau	Erbsen	Kartoffeln
Vogelsberg	Erbsen	Erbsen
Uckermark	Klee gras	Klee gras

➤ Aussaattermine Winterweizen:

	1999	2000
Betriebe		
Oberer Neckar	17.09.	05.10
Wetterau	07.10.	21.10.
Vogelsberg	11.10.	17.10.
Uckermark	01.11.	25.10

Im Aussaatjahr 1999 wurde der Weizen nach Absprache mit den Praktikern bei den verschiedenen Reihenweiten 12,5 cm und 50 cm einheitlich mit jeweils ortsüblicher Aussaatstärke ausgedrillt. Da der Feldaufgang in den 50-cm-Varianten im ersten Anbaujahr zu niedrig ausfiel (Tab. 3.6), wurde im Aussaatjahr 2000 die Saatstärke in den Weitreihenvarianten um rund ein Drittel reduziert.

➤ Aussaatmengen keimfähige Körner/m<sup>2</sup> Winterweizen bei unterschiedlichen Reihenweiten:

	1999		2000	
Betriebe	Reihenweite 12,5 cm	Reihenweite 50 cm	Reihenweite 12,5 cm	Reihenweite 50 cm
Oberer Neckar	505	505	500	395
Wetterau	332	332	335	250
Vogelsberg	382	382	380	289
Uckermark	465	260	463	230



➤ Zusammensetzung des Untersaatengemenges (kg/ha):

Wintermischung (a<sub>1</sub>): 16 kg Inkarnatklees, 4 kg Weißklee, 3 kg Schwedenklee, 2 kg Gelbsenf

Sommermischung (a<sub>2</sub> und a<sub>3</sub>): 8 kg Perserklee, 3,5 kg Weißklee, 7 kg Luzerne

➤ Aussaattermine Untersaaten:

	1999/2000			2000/2001		
Betriebe	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>
Oberer Neckar	17.09.	25.03.	14.05.	05.10.	14.05.	13.06.
Wetterau	07.10.	23.03.	03.05.	21.10.	23.04.	16.05.
Vogelsberg	11.10.	23.03.	09.05.	17.10.	23.04.	21.05.
Uckermark	01.11.	04.04.	20.06.	25.10.	08.05.	08.06.

➤ Mechanische Pflege der Parzellen im Frühjahr:

k<sub>1</sub> gestriegelt

k<sub>2</sub> gestriegelt und einmal gehackt

a<sub>1</sub> ohne Pflegemaßnahme

a<sub>2</sub> gestriegelt

a<sub>3</sub> gestriegelt und einmal gehackt

➤ Entwicklungsstadien des Weizens zu den Mulchterminen:

	Frühjahr 2000	Frühjahr 2001
Betriebe		
Oberer Neckar	EC 45	EC 36
Wetterau	EC 38	EC 36
Vogelsberg	EC 34	EC 34
Uckermark	EC 59	EC 41

### 2.1.2.2 Feldexperimente in der Anbauperiode 2001/2002

Auf den Standorten Wetterau und Vogelsberg wurden jeweils zwei einjährige Feldversuche zur Realisierung ergänzender Untersuchungen a) zur Kontrolle von Nachwirkungseffekten und b) zur Optimierung des Anbausystems Weite Reihe durchgeführt.

➤ Kontrolle von Nachwirkungseffekten

Die an der Untersuchung beteiligten Landwirte äußerten große Erwartungen an eine Verbesserung des Vorfruchtwertes des Winterweizens bei Weitreihenbau in Verbindung mit Untersaaten. Daher erfolgte auf den Versuchsflächen, auf denen im Vorjahr die Versuche zur

Weiten Reihe stattfanden, ein einheitlicher parzellierter Nachbau mit Winterroggen mit üblichem Reihenabstand und einheitlicher Behandlung.

➤ Optimierung des Anbausystems Weite Reihe

Der zweite einjährige Feldversuch beinhaltete in einem dreifaktoriellen Ansatz Fragen zur Sortenwahl und Saatstärke im Anbauverfahren Weite Reihe bei unterschiedlich terminierten Untersaaten (Tab. 2.14).

Tabelle 2.14: Versuchsanlage in der Vegetationsperiode 2001/2002

Anlagemethode	teilrandomisierte dreifaktorielle Blockanlage
Kontrolle K:	k <sub>1</sub> : praxisüblicher Reihenabstand mit 12,5 cm, Sorte Bussard k <sub>2</sub> : wie k <sub>1</sub> , Sorte Batis
Prüffaktor A:	Saattermin der Untersaat a <sub>1</sub> : Aussaat im frühen Frühjahr (März) nach einmaligem Hacken a <sub>2</sub> : Aussaat im späten Frühjahr nach mehrmaligem Hacken
Prüffaktor B:	Sortenvergleich b <sub>1</sub> : Bussard (E-Weizen, qualitätsbetont, größere Halmlänge, erectophil) b <sub>2</sub> : Batis (A-Weizen, ertragsbetont, geringere Halmlänge, planophil)
Prüffaktor C:	Aussaatstärke des Winterweizens c <sub>1</sub> : 75 % keimfähige Körner je m <sup>2</sup> gegenüber k <sub>1</sub> c <sub>2</sub> : 50 % keimfähige Körner je m <sup>2</sup> gegenüber k <sub>1</sub>
Wiederholungen	4
Parzellenzahl	40
Parzellenbreite	3 m (Maschinenbreite)
Parzellenlänge	20 m

### 2.1.3 Prüfmerkmale Pflanze

➤ Ertragsfeststellung Deckfrüchte und Untersaaten:

- Zur Ertragsfeststellung wurden nach dem Zufallsprinzip aus jeder Parzelle jeweils vier Quadratmeterschnitte entnommen (Erntegut zunächst in der Frischsubstanz gewogen, im Anschluss über 48 Stunden bei 105 °C getrocknet, Ertragsangaben einheitlich bei 86 % bzw. 100 % Trockensubstanz);
- Bestimmung des Harvest-Indexes aus dem Korn- und Strohertrag bei 86 % TS ohne Berücksichtigung der Stoppel.

➤ Ertragsparameter Winterweizen:

- Erfassung der ährentragenden Halme durch Zählen auf den beernteten Parzellen;
- Berechnung der Kornzahl je Ähre aus den Parametern ährentragende Halme, Tausendkornmasse und Ertrag;
- Bestimmung der Tausendkornmasse (TKM) durch Zählen, Wiegen und Berechnen.

➤ Termine der Ertragsfeststellungen:

**Winterweizen (Deckfrucht)**

	Erntejahr 2000			Erntejahr 2001			Erntejahr 2002	
	Schnitt 1	Schnitt 2	Ernte	Schnitt 1	Schnitt 2	Ernte	Schnitt 1	Ernte
Oberer Neckar	14.05.	16.06	04.08.	13.06.	14.07	08.08.	-	-
Wetterau	03.05.	10.06.	23.07.	16.05.	28.06.	26.07.	01.06.	06.08.
Vogelsberg	09.05	11.06	07.08.	21.05.	19.07.	14.08.	31.05.	06.08.
Uckermark	21.05.	20.06	31.07	08.06.	11.07.	13.08.	-	-

**Untersaaten**

	Erntejahr 2000			Erntejahr 2001			Erntejahr 2002	
	Schnitt 1	Schnitt 2	Schnitt 3	Schnitt 1	Schnitt 2	Schnitt 3	Schnitt 1	Schnitt 2
Oberer Neckar	14.05.	16.06	-	13.06.	14.07	-	-	-
Wetterau	03.05.	10.06.	28.08.	16.05.	28.06.	17.09.	01.06.	04.10.
Vogelsberg	09.05	11.06	04.09.	21.05.	19.07.	13.09.	31.05.	15.09.
Uckermark	21.05.	20.06	-	08.06.	11.07.	-	-	-

➤ Parameter der Bestandesentwicklung von Winterweizen:

- Messung des Pflanzenbestandes im Frühjahr vor Beginn der Bestockung auf jeweils vier m<sup>2</sup> pro Parzelle;
- Berechnung des Bestockungsfaktors nach Auszählen der ährentragenden Halme auf der gleichen Fläche.

➤ Inhaltsstoffe pflanzliche Biomasse:

- Bestimmung der Gesamtkohlenstoff- und Gesamtstickstoffgehalte durch Verbrennen bei 950 °C im C/N-Analysegerät (Vario EL) der Fa. ELEMENTAR;

➤ Parameter Getreidequalität:

- Die Bestimmung des Rohproteingehaltes im Korn erfolgte durch Multiplikation des Gesamtstickstoffgehaltes mit dem Faktor 5,7;
- Die Bestimmung der indirekten Indikatoren für die Backqualität erfolgten nach den Vorschriften der Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung Detmold (ARBEITSGEMEINSCHAFT GETREIDEFORSCHUNG 1994);
  - Feuchtklebergehalt nach ICC-Standard Nr. 137,
  - Sedimentationswert (Zeleny) nach ICC Standard 116,
  - Fallzahl (nach Hagberg-Perten als Maß der Alpha-Amylase-Aktivität) nach ICC-Standard Nr. 107
  - Mineralstoffgehalt und der Mehlausbeute nach ICC-Standard Nr. 104 (Labor Dr. Aberham, Großaitingen);
- Die Bestimmung des Backvolumens (Mehltype 550) erfolgte nach dem Rapid-Mix-Test (RMT) im Labor Dr. Aberham, Großaitingen;

#### 2.1.4 Prüfmerkmale Boden

➤ Löslicher mineralischer Stickstoff ( $N_{\min}$ ) und Bestimmung der Trockensubstanz:

Zur Bestimmung der Nitrat- und Ammoniumgehalte des Bodens wurden in den Vegetationsperioden 1999/2000 und 2000/2001 auf den Standorten Wetterau und Vogelsberg zu jeweils vier Terminen Bodenproben entnommen. In der Vegetationsperiode 2001/2002 erfolgte die Probenahme auf dem Standort Wetterau an zwei Terminen (Tab. 2.15).

Tabelle 2.15: Termine der Bodenprobenahmen zur Bestimmung des  $N_{\min}$ -Gehaltes

	1999/2000				2000/2001				2001/2002	
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II
Wetterau	19.10	24.02.	05.07.	28.08	-	02.04.	23.07.	17.09.	15.04	23.05.
Vogelsberg	27.10	29.02	12.07.	04.09.	-	09.04.	19.07.	13.09.	-	-

Die Entnahme der Proben erfolgte mit Hilfe eines dreiteiligen Bohrstocksets (jeweils vier Einstiche pro Parzelle) aus den Bodenschichten 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm.

Die Proben wurden in Kühltaschen zwischengelagert und im Anschluss im Labor aufbereitet. Dort erfolgte die Zerkleinerung und Homogenisierung der Proben von Hand. Die feldfrischen Proben wurden mit 0,5 m K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Lösung extrahiert; anschließend erfolgte eine photometrische Messung des Nitrat- und Ammoniumstickstoffs mit Hilfe des Autoanalysers der Fa. ALPKEM.

Zur Berechnung der auf den Hektar bezogenen N<sub>min</sub>-Gehalte des Bodens wurde eine Rohdichte von 1,5 g/cm<sup>3</sup> berücksichtigt. Die Trockenmassebestimmung des Bodens erfolgte an 50 g Boden. Sie wurde für jede Parzelle einzeln durchgeführt. Die Trocknung erfolgte bei 105 °C.

➤ Löslicher organisch gebundener Stickstoff:

Löslicher organisch gebundener Stickstoff wurde in beiden Vegetationsperioden aus den am jeweils dritten und vierten Termin gewonnenen Bodenprobenextrakten aus der Bodenschicht 0-30 cm gemessen. Dazu wurde das gewonnene Filtrat mit K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> aufoxidiert und 15 Minuten mit UV-Licht bestrahlt, bevor am Autoanalyser der lösliche Gesamtstickstoff bestimmt werden konnte. Durch Subtraktion des im Vorfeld ermittelten N<sub>min</sub>-Gehaltes wurde die Menge des löslichen organischen Stickstoffes errechnet.

➤ Heißwasserlöslicher Kohlenstoff und heißwasserlöslicher Stickstoff

Zur Analyse des heißwasserlöslichen Kohlenstoffs und –Stickstoffs wurden 20 g lufttrockener Feinboden (< 2 mm) eingewogen und mit 100 ml destilliertem Wasser versetzt. Das Material wurde eine Stunde gekocht, nach dem Abkühlen mit Magnesiumsulfat versetzt, geschüttelt und ein Aliquot bei 4500 Umdrehungen je Minute zentrifugiert. Das Zentrifugat wurde mit dem Alpkem-Autoanalyser analysiert.

➤ Gesamtkohlenstoff und Gesamtstickstoff

Die zu analysierende Substanz wurde durch oxidative Verbrennung bei 950 °C aufgeschlossen. Zum Aufschluss wurde die Probe in Zinnschiffchen eingewogen und dann in einem mit Helium und Sauerstoff gefüllten Verbrennungsrohr verbrannt. Die entstandenen Gasmischungen aus den Komponenten Helium, Kohlendioxid, Wasser und Stickstoff wurden anschließend einem Trenn- und Messsystem zugeführt und quantifiziert.

➤ Bodenreaktion und Nährstoffgehalte

Die Untersuchungen der pH-Werte sowie der Gehalte an pflanzenverfügbarem Phosphor, Kalium und Magnesium erfolgten an der Hessischen Landwirtschaftlichen Versuchsanstalt in Kassel nach dem Prüfverfahren DIN ISO 11464, VDLUFA-Methodenbuch Bd. 1.

➤ Bodenabtrag durch Wassererosion im Feld

Am 1. April 2000 wurden auf dem Standort Vogelsberg (Anleitung und Einweisung durch Prof. Gäth, Institut für Landeskultur der Universität Gießen) zur Dokumentation der Erosivität Erosionsrinnen installiert. Dazu wurden in Drillrichtung über die ganze Parzellenbreite

eine Fläche von 3 x 10 m mit Blechen abgegrenzt, so dass jeweils eine umgrenzte Fläche von 30 m<sup>2</sup> entstand. Am unteren Ende dieser Flächen wurden Trichter installiert, um das bei Niederschlag überlaufende Wasser zu erfassen und in einen eingegrabenen Kanister einzuleiten. Die eingefassten Flächen wurden so ausgewählt, dass ein Gefälle von ca. 8 % bestand.

➤ Bodenabtrag bei künstlicher Beregnung im Labor

An einem im Institut für Landeskultur der Universität Gießen konstruierten Beregnungsapparat wurden an Bodenproben Regenereignisse simuliert, der abgetragene Boden aufgefangen und gewogen. Dabei wurde Wasser mit einem regelbaren Druck zu einem schwenkbaren Düsenstrang geleitet. Das Wasser fiel aus einer Höhe von 1,70 m auf eine definierte Fläche. Die Fläche war mit einem Gitter ausgelegt, auf das die Bodenproben gesetzt wurden. Das ausgetretene Wasser wurde zusammen mit dem Sedimat in einer Wanne erfasst und in Flaschen abgefüllt. Anschließend wurde der erodierte Boden vom Wasser durch Trocknung getrennt und gewogen.

Die bewachsenen Bodenproben wurden in vier Intervallen beregnet (Wasserdruck 4 bar):

1. 10 Minuten Leichtregen mit pendelndem Düsenstrang  $\hat{=}$  36,3 l/m<sup>2</sup> in der Stunde;
2. 10 Minuten Leichtregen mit pendelndem Düsenstrang  $\hat{=}$  36,3 l/m<sup>2</sup> in der Stunde;
3. 2 Minuten Starkregen ohne Pendel  $\hat{=}$  290,7 l/m<sup>2</sup> in der Stunde;
4. 2 Minuten Starkregen ohne Pendel  $\hat{=}$  290,7 l/m<sup>2</sup> in der Stunde.

### **2.1.5 Mulchtechnik**

Bei den auf den Untersuchungsbetrieben eingesetzten Reihenumulchgeräten der Fa. Kress & Co. handelt es sich um Sichelmulchgeräte mit horizontal arbeitenden Werkzeugen. Der Sichelmulcher wurde für einen Reihenabstand von 50 cm konstruiert. Die Arbeitsbreite richtete sich nach der Breite der Drillmaschine. Bei drei Meter Arbeitsbreite wurden fünf Reihenzwischenräume komplett und 2 Reihenzwischenräume (Anschlussreihen) halb bearbeitet. Die Arbeitsbreite einer Mäh-Mulcheinheit betrug 32,8 cm bei kompletter Bearbeitung, beziehungsweise 22,8 cm Arbeitsbreite bei den Anschlussreihen. Bei drei Meter Arbeitsbreite wurden 2,10 Meter bearbeitet. Das entsprach einer Fläche von 70 %. Werkseitig war pro Mulcheinheit ein Mulchmesser mit zwei Schneiden montiert. Das Mulchmesser wurde von einer senkrecht von oben kommenden Welle angetrieben. Die Mulcheinheiten waren nach Vorschrift der Berufsgenossenschaft mit Schutzblechen und Schutzketten ausgestattet. Der Antrieb des Gerätes erfolgte entweder mechanisch über Keilriemen oder hydraulisch über einzelne Ölmotoren. Bauartbedingt sind die Mulcheinheiten bei mechanischem Antrieb starr, bei hydraulischem Antrieb konnten sie an Einzelparallelogrammen aufgehängt sein. Die Reihenumulchgeräte waren für den Frontanbau konzipiert. Die Schnitthöhenverstellung erfolgte bei dem mechanischen Gerät über zwei verstellbare Stützräder, bei Parallelogrammführung war jedes einzelne Aggregat mit einem Stützrad ausgerüstet. Das Gewicht bei drei Meter Arbeitsbreite lag bei ca. 900 kg.

### **2.1.6 Statistische Auswertung**

Die Auswertung der Versuchsdaten erfolgte mit Hilfe von Varianzanalysen unter Nutzung des Statistikprogramms SPSS. Für multiple Mittelwertvergleiche wurde der Tukey-Test verwendet. Vor der Durchführung jeder Varianzanalyse erfolgte eine Prüfung der Daten auf Homogenität der Varianzen (Levene-Test) und auf Normalverteilung (Shapiro-Wilk-Test).

## **2.2 Betriebswirtschaftliche Untersuchungen**

Die betriebswirtschaftlichen Untersuchungen erfolgten in Verantwortung des Instituts für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL) unter Nutzung des am Institut entwickelten Simulationsmodells TIPI-CAL. STROHM-LÖMPCKE et al. (2002) berichten zusammenfassend über die Resultate dieser ökonomischen Begleitforschung (Anlage 1).

Um die Einführung des Anbausystems Weite Reihe auf die Wirtschaftlichkeit des Gesamtbetriebes beurteilen zu können, wurde eine zweistufige Vorgehensweise gewählt (NIEBERG et al. 2003). So wurde zunächst ohne die Berücksichtigung innerbetrieblicher Anpassungsprozesse ausschließlich für das Produktionsverfahren Winterweizen die Veränderung des hektarbezogenen Gewinnbeitrags infolge der Einführung der Weiten Reihe errechnet (und zwar für die Varianten ohne bzw. mit Qualitätsvergütung und ohne bzw. mit überbetrieblichem Einsatz des Mulchgerätes). Der hektarbezogene Gewinnbeitrag hatte im Vergleich zur Deckungsbeitragsrechnung den Vorteil, dass die anteilig im betrachteten Produktionsverfahren anfallenden Festkosten berücksichtigt werden konnten. Darauf aufbauend wurden im nächsten Schritt innerbetriebliche Anpassungen einbezogen und die Veränderung des gesamtbetrieblichen Gewinns nach Einführung der Weiten Reihe modelliert. Zur besseren Vergleichbarkeit zwischen den Betrieben wurde dieser Betrag auf die Ackerfläche des jeweiligen Betriebes bezogen.

Bei der Interpretation der Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsanalyse galt es zu berücksichtigen, dass das Anbauverfahren Weite Reihe in den vier an dem Forschungsprojekt beteiligten Betrieben erst zwei, in einem Fall drei Erntejahre praktiziert wurde. Entsprechend schlugen sich die Witterungseinflüsse in den Ernteergebnisse der beiden Versuchsjahre stark nieder. Um die mit Hilfe des Modells ermittelten Rentabilitäten vor dem Hintergrund der zur Weiten Reihe bereits über Jahre gesammelten Praxiserfahrungen einordnen zu können, wurden daher ergänzend acht weitere Landwirte, die überwiegend bereits seit 1996 dieses Verfahren praktizieren, mit Hilfe eines Leitfadens nach ihrer Anbaupraxis und ihren Erfahrungen befragt.

Nähere Einzelheiten zu den methodischen Grundlagen sind Anlage 1, S. 4 – 7 und S. 12 – 17 zu entnehmen.

### 3 Ergebnisse der feldexperimentellen Untersuchungen

#### 3.1 Anbauperioden 1999/2000 sowie 2000/2001

##### 3.1.1 Winterweizen

##### 3.1.1.1 Erträge

##### Kornertrag auf allen Standorten und in allen Jahren

Die varianzanalytische Verrechnung der Ertragsdaten erlaubte es, die Effekte der Versuchsbearbeitungen im Mittel der vier Versuchsstandorte, jedoch aufgeteilt in die zwei Untersuchungsjahre, darzustellen und zu interpretieren (Tab. 3.1).

Tabelle 3.1: Kornertrag von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen in den Untersuchungsjahren 2000 und 2001 (Ergebnisse jeweils im Mittel der vier Untersuchungsstandorte, n = 128)

Varianten**		2000 (dt/ha)		2001 (dt/ha)	
Kontrollen	12,5 cm	33,7	a*	46,7	a
	50,0 cm	35,7	a	41,5	ab
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	34,7	a	37,5	b
	US II	35,2	a	42,3	ab
	US III	35,8	a	41,3	ab
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	33,3	a	37,5	b
	US II	33,1	a	43,1	ab
	US III	34,8	a	44,6	ab
$\bar{x}$		34,5		41,8	

\* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\* Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand  
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)  
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst  
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

Im Erntejahr 2000 betrug das mittlere Ertragsniveau 34,5 dt/ha. Eine signifikante Ertragsbeeinflussung durch die geprüften Anbausysteme Weite Reihe gegenüber der Kontrolle mit 12,5 cm Reihenabstand war nicht zu beobachten. In 2001 wurde mit 41,8 dt/ha ein wesentlich höheres mittleres Ertragsniveau erzielt. Der Höchstertrag lag mit 46,7 dt/ha in der Kontrollvariante mit 12,5 cm Reihenabstand. Die Anbausysteme Weite Reihe mit Herbstuntersaat hatten demgegenüber signifikant niedrigere Erträge. Bei den übrigen Varianten herrschte einheitlich eine Tendenz zu Mindererträgen gegenüber der üblichen Anbauweise mit engem Reihenab-



stand vor. In beiden Jahren waren keine signifikanten Ertragseffekte durch Untersaaten gegenüber der Kontrolle mit 50 cm Reihenweite sowie keine signifikanten Ertragseffekte des Mulchens im Vergleich zum Nicht-Mulchen zu erkennen.

#### Kornertrag differenziert nach Standorten und Jahren

Standortspezifische Besonderheiten vermittelt Tab. 3.1.1. Im Mittel der Versuchsbehandlungen und Jahre realisierten die Standorte Oberer Neckar und Uckermark mit > 40 dt/ha Korn das höchste Ertragsniveau, gefolgt von den Betrieben Wetterau und Vogelsberg.

Tabelle 3.1.1: Kornerträge von Winterweizen (Sorte Bussard) im Durchschnitt der Behandlungen auf vier Untersuchungsstandorten und in zwei Versuchsjahren, n = 128

Standorte	2000 (dt/ha)		2001 (dt/ha)		$\bar{x}$
Wetterau	38,4	a	37,2	bc	37,8
Oberer Neckar	33,1	b	52,5	a	42,8
Vogelsberg	26,7	c	36,3	c	31,5
Uckermark	39,9	a	41,2	b	40,6
$\bar{x}$	34,5		41,8		

Die standort- und jahresdifferenzierte Auswertung zeigte mit einer Ausnahme das Fehlen signifikanter Effekte der Versuchsbehandlungen auf den Ertrag (Tab. 3.1.2). Auffallend war die signifikante Differenz zwischen den Kontrollvarianten mit 12,5 cm und 50 cm Reihenabstand auf dem Standort Oberer Neckar in 2001.

#### Strohertrag und Harvest-Index

Die Effekte der Versuchsbehandlungen auf Strohertrag und Harvest-Index wurde von den Faktoren Standort und Jahr nicht signifikant beeinflusst. Daher sind diese beiden Prüfmerkmale im Mittel der vier Standorte und zwei Untersuchungsjahre dargestellt (Tab. 3.2). Eine signifikante Beeinflussung des Strohertrags durch die Versuchsbehandlung lag nicht vor.

Hingegen zeigte der Harvest-Index, der den relativen Anteil der geernteten Biomasse (Korn) an der Gesamtheit der oberirdischen Biomasse repräsentiert (Korn und Stroh) und somit einen Leistungsindex für den Kulturpflanzenbestand darstellt, in jeder Weitreihenvariante geringere Werte im Vergleich zur üblichen Anbauweise. In drei Fällen waren die Differenzen zur Kontrolle signifikant. Insbesondere die Varianten, die in 2001 signifikante Kornmindererträge aufwiesen (Tab. 3.1) zeigten auch signifikant niedrige Harvest-Indizes.

Tabelle 3.1.2: Kornerträge von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen auf vier Standorten und in zwei Versuchsjahren, n = 32

		Wetterau				Oberer Neckar				Vogelsberg				Uckermark			
		2000		2001		2000		2001		2000		2001		2000		2001	
Varianten**		(dt/ha)		(dt/ha)		(dt/ha)		(dt/ha)		(dt/ha)		(dt/ha)		(dt/ha)		(dt/ha)	
Kontrollen	12,5 cm	41,99	a*	35,02	a	30,83	a	62,69	a	25,49	a	41,31	a	36,56	a	47,97	a
	50,0 cm	37,66	a	38,45	a	33,12	a	42,29	b	29,09	a	40,44	a	42,96	a	44,83	a
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	39,81	a	34,55	a	33,31	a	44,30	ab	22,23	a	35,74	a	43,41	a	35,38	a
	US II	37,18	a	35,59	a	35,70	a	59,76	ab	28,36	a	35,14	a	39,50	a	38,73	a
	US III	36,07	a	36,72	a	37,73	a	52,80	ab	28,71	a	35,91	a	40,80	a	39,79	a
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	36,40	a	36,14	a	29,82	a	45,28	ab	27,50	a	35,00	a	39,58	a	33,51	a
	US II	37,48	a	38,86	a	31,09	a	53,80	ab	27,04	a	34,60	a	36,82	a	45,23	a
	US III	40,75	a	42,68	a	33,45	a	59,54	ab	25,49	a	32,53	a	39,38	a	43,77	a

\* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\* Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand  
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)  
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst  
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

Tabelle 3.2: Strohertrag (86 % TS) und Harvest-Index von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse im Mittel der vier Versuchsstandorte und zwei Untersuchungsjahre, n = 256)

Varianten**		Strohertrag (dt/ha)		Harvest Index (%)	
Kontrollen	12,5 cm	57,6	a*	41	a
	50,0 cm	56,4	a	39	ab
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	60,7	a	36	b
	US II	57,0	a	39	ab
	US III	65,9	a	37	b
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	57,2	a	37	b
	US II	59,4	a	38	ab
	US III	58,6	a	38	ab
$\bar{x}$		59,1		38	

\* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\* Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand  
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)  
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst  
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

### 3.1.1.2 Ertragsparameter

Die Effekte der Versuchsbehandlungen auf die Prüfmerkmale ährentragende Halme je m<sup>2</sup> und Körner je Ähre waren auf den einzelnen Versuchsstandorten unterschiedlich stark ausgeprägt. Deshalb erfolgt eine standortdifferenzierte Vorstellung der Ergebnisse. Auf allen Standorten wurde eine deutliche Senkung der Anzahl ährentragender Halme durch die verschiedenen Anbausysteme Weite Reihe gegenüber der Kontrolle beobachtet (Tab. 3.3). Mit Ausnahme des Standortes Oberer Neckar und des Standortes Vogelsberg waren diese Effekte signifikant.

Die Kornzahl je Ähre verhielt sich gegenüber dem vorgenannten Merkmal umgekehrt. In den Systemen der Weiten Reihe wurden –mit Ausnahme des Standortes Oberer Neckar – signifikant mehr Körner je Ähre gezählt (Tab. 3.4). Keiner der genannten Ertragsparameter reagierte auf die Einbringung von Untersaaten und auf die Anwendung der Mulchtechnik.

Im Gegensatz zu den Prüfmerkmalen ährentragende Halme je m<sup>2</sup> und Körner je Ähre wurde die Tausendkornmasse durch Reihenabstand, Untersaaten und Mulchtechnik nicht signifikant beeinflusst (Tab. 3.5).

Tabelle 3.3: Anzahl ährentragender Halme je m<sup>2</sup> von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse jeweils im Mittel der zwei Untersuchungsjahre und getrennt für die einzelnen Standorte, n = 64)

Varianten**		Wetterau		Oberer Neckar		Vogelsberg		Uckermark	
Kontrollen	12,5 cm	524	a*	466	a	380	a	475	a
	50,0 cm	307	b	392	a	246	a	246	b
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	327	b	423	a	225	a	225	b
	US II	333	b	386	a	239	a	239	b
	US III	306	b	381	a	246	a	246	b
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	316	b	379	a	232	a	232	b
	US II	299	b	401	a	240	a	240	b
	US III	334	b	440	a	256	a	256	b

Tabelle 3.4: Anzahl Körner je Ähre von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse jeweils im Mittel der zwei Untersuchungsjahre und getrennt für die einzelnen Standorte, n = 64)

Varianten**		Wetterau		Oberer Neckar		Vogelsberg		Uckermark	
Kontrollen	12,5 cm	17,2	a*	27,7	a	19,6	a	21,0	a
	50,0 cm	29,6	b	25,2	a	32,6	b	41,4	b
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	26,5	b	23,9	a	25,7	b	40,9	b
	US II	26,4	b	32,4	a	29,4	b	38,7	b
	US III	28,0	b	31,3	a	32,6	b	38,2	b
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	27,0	b	29,1	a	35,6	b	37,0	b
	US II	30,2	b	25,2	a	27,1	b	40,7	b
	US III	29,8	b	26,9	a	25,6	b	38,8	b

\* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\* Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand  
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)  
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst  
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

### 3.1.1.3 Bestandesentwicklung

#### Relativer Pflanzenbestand zu Vegetationsbeginn im Frühjahr

Angegeben wird der relative Pflanzenbestand in Prozent zur Anzahl ausgesäter keimfähiger Körner (KfK). Im Frühjahr 2000 betrug der relative Pflanzenbestand in der Kontrolle mit 12,5 cm Reihenabstand ca. 82 %, was für einen hohen Feldaufgang und gute Überwinterung

Tabelle 3.5: Tausendkornmasse (TKM) von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse im Mittel der vier Versuchsstandorte und zwei Untersuchungsjahre, n = 256)

Varianten**		TKM (g)	
Kontrollen	12,5 cm	44,2	a*
	50,0 cm	43,7	a
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	43,3	a
	US II	43,8	a
	US III	43,9	a
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	43,7	a
	US II	44,1	a
	US III	44,0	a

\* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\* Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand  
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)  
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst  
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

spricht (Tab. 3.6). Der relative Pflanzenbestand der geprüften Systeme Weite Reihe war demgegenüber deutlich niedriger. Im Frühjahr 2001 gab es keine signifikanten Wirkungen. Als Ursache für die unterschiedlichen Effekte in den Jahren sind verschiedene Aussaatstärken im Herbst 1999 und im Herbst 2000 zu nennen, was jedoch an anderer Stelle näher kommentiert werden soll.

### Bestockungsindex

Vorgenannte Unterschiede im Feldaufgang zwischen den Jahren hätten auch Unterschiede im Bestockungsverhalten der Weizenpflanzen erwarten lassen. Ein solcher Jahreseffekt trat jedoch nicht auf. Im Vergleich zur üblichen Anbauweise war die Bestockung des Winterweizens in den Systemen Weite Reihe geringfügig niedriger. Nur in einem Fall lag eine signifikante Differenz vor (Tab. 3.7).

### Biomasseaufwuchs und N-Entzüge zu den Zeiternteterminen

Während des Wachstums der Weizenbestände wurden lt. Versuchsplan ausgewählte Varianten zwei Mal gemulcht. Jeweils vor Beginn der Mulchmaßnahme wurde von allen Varianten Ertragserhebungen durchgeführt und die Stickstoffentzüge gemessen. Nicht signifikante Wechselbeziehungen zwischen den Versuchsvarianten und Standorten bzw. Jahren erlaubten es auch hier, die Ergebnisdarstellung auf die Hauptwirkung der Versuchsvarianten zu beschränken.

Tabelle 3.6: Relativer Pflanzenbestand von Winterweizen (Sorte Bussard) im Frühjahr vor der Bestockung in Prozent in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen in den Untersuchungsjahren 2000 und 2001; Bezug: Anzahl keimfähiger Körner zur Aussaat (Ergebnisse jeweils im Mittel der vier Untersuchungsstandorte, n = 128)

Varianten**		2000 (%)		2001 (%)	
Kontrollen	12,5 cm	81,8	a*	72,4	a
	50,0 cm	66,3	b	76,0	a
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	67,1	b	73,4	a
	US II	69,3	b	73,0	a
	US III	68,1	b	72,6	a
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	68,8	b	72,6	a
	US II	69,0	b	75,0	a
	US III	66,8	b	73,0	a
$\bar{x}$		69,7		73,5	

Tabelle 3.7: Bestockungsindex von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse im Mittel der vier Versuchsstandorte und zwei Untersuchungsjahre, n = 256)

Varianten**		Bestockungsindex (Triebe/Pflanze)	
Kontrollen	12,5 cm	1,50	a*
	50,0 cm	1,30	ab
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	1,40	ab
	US II	1,30	ab
	US III	1,30	ab
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	1,30	b
	US II	1,30	ab
	US III	1,40	ab
$\bar{x}$		1,35	

\* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\* Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand  
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)  
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst  
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

Zum Termin der ersten Zeiternte waren weder signifikante Unterschiede im Biomasseaufwuchs noch im Stickstoffentzug festzustellen (Tab. 3.8). Durchschnittlich waren zu diesem Zeitpunkt 38,4 dt/ha Trockensubstanz an Winterweizenbiomasse mit einem Stickstoffentzug von ca. 61 kg/ha aufgewachsen.

Tabelle 3.8: Biomasseaufwuchs und N-Entzug von Winterweizen (Sorte Bussard) zum ersten Mulchtermin in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse im Mittel der vier Untersuchungsstandorte und zwei Untersuchungsjahre, n = 256)

Varianten**		Biomasse I (dt/ha TS)		N-Entzug (kg/ha)	
Kontrollen	12,5 cm	40,5	a*	59,9	a
	50,0 cm	38,3	a	60,0	a
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	38,5	a	55,4	a
	US II	38,5	a	64,7	a
	US III	39,0	a	63,3	a
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	35,8	a	58,1	a
	US II	38,8	a	63,5	a
	US III	37,8	a	61,5	a
$\bar{x}$		38,4		60,8	

\* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\* Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand  
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)  
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst  
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

Zum zweiten Mulchtermin lag der mittlere Biomasseertrag bei annähernd 88 dt/ha Trockensubstanz. Der Stickstoffentzug betrug 84 kg/ha (Tab. 3.9). Der höchste Biomasseertrag (99,4 dt/ha Trockensubstanz) und höchste Stickstoffertrag (102,4 kg/ha) wurde in dem System Weite Reihe gefunden, in das erst im späten Frühjahr nach jeweils einmaligem Striegeln und Hacken die Untersaat eingebracht wurde (gemulchte Variante). Es bestanden signifikante Unterschiede zum gemulchten Weitreihensystem mit Herbstuntersaat. Dort wurden zugleich die niedrigsten Biomasseerträge und Stickstoffentzüge gemessen.

### 3.1.2 Untersaaten

Parallel mit den jeweiligen Zeiternten des Weizens erfolgte eine Bestimmung der erntbaren Biomasse der Untersaaten einschließlich Unkraut. Außerdem wurde der realisierte Stickstoffentzug festgehalten. Zusätzlich wurden die Biomasseaufwüchse nach der Ernte dokumentiert.

Tabelle 3.9: Biomasseaufwuchs und N-Entzug von Winterweizen (Sorte Bussard) zum zweiten Mulchtermin in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse jeweils im Mittel der vier Untersuchungsstandorte und zwei Untersuchungsjahre, n = 256)

Varianten**		Biomasse II (dt/ha TS)		N-Entzug (kg/ha)	
Kontrollen	12,5 cm	89,6	ab*	81,0	ab
	50,0 cm	88,5	ab	88,0	ab
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	83,9	ab	74,0	a
	US II	85,9	ab	83,7	ab
	US III	81,4	ab	76,2	ab
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	77,3	a	71,1	a
	US II	96,6	ab	97,2	ab
	US III	99,4	b	102,4	b
$\bar{x}$		87,8		84,2	

\* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\* Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand  
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)  
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst  
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

#### Ergebnisse zum ersten Mulchtermin (Tab. 3.10)

Der Biomasseaufwuchs und Stickstoffentzug der beiden Kontrollvarianten resultierte aus der bestehenden Verunkrautung. Die höchsten Biomasseaufwüchse und größten Stickstoffentzüge wurden erwartungsgemäß in den Varianten mit Herbstaussaat der Untersaaten realisiert. Die Varianten mit Frühjahrsaussaat der Untersaaten zeigten signifikant niedrigere Werte.

#### Ergebnisse zum zweiten Mulchtermin (Tab. 3.11)

In den Kontrollvarianten war zu diesem Zeitpunkt, bedingt durch die Konkurrenzkraft des Weizens bzw. durch die mechanischen Pflegemaßnahmen, keine erntbare Biomasse mehr vorhanden. Analog dem ersten Mulchtermin wurden die größten Biomasse- und Stickstoffmengen in den Varianten Weite Reihe mit Herbstuntersaat festgestellt. Alle Varianten mit Frühjahrsuntersaaten zeigten hingegen signifikant niedrigere Werte.

#### Ergebnisse nach der Ernte (Tab. 3.12)

Nach der Getreideernte erfolgte keine Stoppelbearbeitung, so dass Untersaaten und Unkraut ungestört weiterwachsen konnten. Analog den Messungen zu den vorhergehenden Terminen wurden die höchsten Mengen an Biomasse und Stickstoff in den Varianten mit Herbstuntersaat gemessen. Die Differenzen zu den beiden Kontrollvarianten erwiesen sich als signifikant.



Tabelle 3.10: Biomasseaufwuchs und N-Entzug von Untersaaten und Unkraut zum ersten Mulchtermin in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse im Mittel der vier Untersuchungsstandorte und zwei Untersuchungsjahre, n = 256)

Varianten**		Biomasse I (dt/ha TS)		N-Entzug (kg/ha)	
Kontrollen	12,5 cm	4,7	ab*	3,0	a
	50,0 cm	5,5	ab	3,5	a
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	9,5	c	16,3	b
	US II	3,6	a	3,4	a
	US III	5,1	ab	3,8	a
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	7,8	bc	14,6	b
	US II	3,4	a	3,7	a
	US III	4,1	a	2,3	a
$\bar{x}$		5,5		6,3	

Tabelle 3.11: Biomasseaufwuchs und N-Entzug von Untersaaten und Unkraut zum zweiten Mulchtermin in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse im Mittel der vier Untersuchungsstandorte und zwei Untersuchungsjahre, n = 256)

Varianten**		Biomasse II (dt/ha TS)		N-Entzug (kg/ha)	
Kontrollen	12,5 cm	0		0	
	50,0 cm	0		0	
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	25,7	c*	37,2	b
	US II	10,4	a	10,8	ab
	US III	1,5	ab	2,2	a
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	16,4	bc	28,5	ab
	US II	2,6	a	4,0	a
	US III	1,2	a	1,9	a

\* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\* Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand  
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)  
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst  
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

Tabelle 3.12: Biomasseaufwuchs und N-Entzug von Untersaaten und Unkraut nach der Ernte in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse im Mittel der vier Untersuchungsstandorte und zwei Untersuchungsjahre, n = 256)

Varianten**		Biomasse nach der Ernte (dt/ha TS)		N-Entzug (kg/ha)	
Kontrollen	12,5 cm	2,7	a*	7,6	a
	50,0 cm	5,2	a	15,4	ab
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	11,5	b	38,3	c
	US II	9,5	bc	34,4	c
	US III	9,4	bc	28,8	bc
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	11,9	c	39,3	c
	US II	10,4	c	31,8	bc
	US III	10,7	c	35,0	c

\* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\* Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand  
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)  
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst  
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

### 3.1.3 Qualitätsparameter von Winterweizenkorn

#### Indirekte Qualitätsmerkmale auf allen Standorten und in allen Jahren

Von herausragender Bedeutung für die Bewertung des Erfolgs des Anbausystems Weite Reihe ist die Realisierung der erforderlichen Backqualität. Die Effekte der in den Feldexperimenten geprüften Varianten wurden durch die Faktoren Standort und Jahr nicht beeinflusst, so dass die Ergebnisse im Mittel über die Standorte und Jahre mitgeteilt werden können (Tab. 3.13).

Mit einem Rohproteingehalt von 10,6 %, einem Feuchtklebergehalt von 25,0 % und einem Sedimentationswert von 32,2 wurden in der Kontrollvariante mit 12,5 cm Reihenabstand die niedrigsten Werte gemessen. In allen geprüften Anbausystemen Weite Reihe wurden demgegenüber höhere Werte beobachtet.

Die alleinige Vergrößerung des Reihenabstandes von 12,5 auf 50 cm bewirkte beim Sedimentationswert eine signifikante Steigerung. Die Etablierung von Untersaaten zeigte gegenüber der Kontrollvariante mit 50 cm Reihenabstand ohne Untersaaten in keinem Fall eine signifikante Qualitätserhöhung. Ebenso wirkte sich der Einsatz der Mulchmaschine gegenüber den ungemulchten Varianten nicht qualitätsfördernd aus.

Tabelle 3.13: Kennziffern zur Backqualität von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Resultate im Mittel von vier Standorten und zwei Untersuchungsjahren, n = 256)

Varianten**		Rohproteingehalt (%)		Feuchtklebergehalt (%)		Sedimentationswert (ml)	
Kontrollen	12,5 cm	10,6	a*	25,0	a	32,2	a
	50,0 cm	11,3	ab	27,2	ab	38,0	b
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	11,1	ab	26,8	ab	35,7	ab
	US II	11,1	ab	26,7	ab	36,4	ab
	US III	11,3	ab	27,0	ab	37,8	ab
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	11,1	ab	25,8	ab	35,4	ab
	US II	11,3	ab	27,8	b	38,4	b
	US III	11,5	b	27,9	b	38,5	b

\* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\* Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand  
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)  
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst  
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

Bemerkenswert sind signifikant höhere Feuchtklebergehalte und Sedimentationswerte gegenüber der üblichen Anbauweise in jenen Systemen der Weiten Reihe, in denen sowohl im zeitigen als auch im späten Frühjahr eine Untersaat ausgebracht und später gemulcht wurde. Ähnlich reagierte der Rohproteingehalt. Hier zeigte jedoch nur die Variante mit spät gesäter Untersaat signifikant höhere Werte. Die Ergebnisse deuten auf das Bestehen einer positiven Kombinationswirkung von Reihenabstand, Untersaat und Einsatz der Mulchmaschine hin.

#### Indirekte Qualitätsparameter differenziert nach Standorten und Jahren

Eine detaillierte Betrachtung der standortspezifischen Besonderheiten im Mittel der Versuchsbehandlung zeigte, dass in beiden Versuchsjahren die höchsten Rohproteingehalte auf den Versuchsstandorten Oberer Neckar und Uckermark realisiert wurden (Tab. 3.13.1). Beide Standorte besaßen auch das höchste Ertragsniveau (vgl. Tab. 3.1.1). Analog der Reihung der Erträge folgten auch im Rohproteingehalt die Standorte Wetterau und Vogelsberg. Bemerkenswert sind auch die Jahreseffekte:

- Versuchsjahr 2000 niedriger Ertrag bei hohem Rohproteingehalt,
- Versuchsjahr 2001 höherer Ertrag bei niedrigerem Rohproteingehalt.

Tabelle 3.13.1: Rohproteingehalte von Winterweizen (Sorte Bussard) im Durchschnitt der Behandlungen auf vier Untersuchungsstandorten und in zwei Versuchsjahren, n = 128

Standorte	2000 (%)		2001 (%)		$\bar{x}$
Wetterau	11,38	b	9,39	bc	10,38
Oberer Neckar	12,73	a	11,83	a	12,28
Vogelsberg	9,73	c	9,04	c	9,38
Uckermark	12,43	a	11,90	b	12,16
$\bar{x}$	11,56		10,54		

Signifikante Effekte der Versuchsbehandlungen auf den Rohproteingehalt wurden in vier der acht Versuche beobachtet (Tab. 3.13.2).

Standortspezifische Unterschiede zeigten sich auch in den Feuchtklebergehalten (Tab. 3.13.3). Bemerkenswert ist der niedrige Wert auf dem Standort Vogelsberg in 2000. Signifikante Effekte der Versuchsbehandlungen wurden in zwei der acht Versuche beobachtet (Tab. 3.13.4). Hervorzuheben ist ein signifikant höherer Feuchtklebergehalt durch Frühjahrs-untersaat gegenüber Herbstuntersaat (jeweils gemulcht) auf dem Standort Wetterau in 2000.

Tabelle 3.13.3: Feuchtlebergehalte von Winterweizen (Sorte Bussard) im Durchschnitt der Behandlungen auf vier Untersuchungsstandorten und in zwei Versuchsjahren, n = 128

Standorte	2000 (%)		2001 (%)		$\bar{x}$
Wetterau	26,06	b	29,18	a	27,62
Oberer Neckar	29,16	a	25,94	b	27,55
Vogelsberg	18,35	c	27,80	ab	23,07
Uckermark	30,72	a	27,10	ab	28,91
$\bar{x}$	26,07		27,50		

Tabelle 3.13.2: Rohproteingehalte von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen auf vier Standorten und in zwei Versuchsjahren, n = 32

		Wetterau				Oberer Necker				Vogelsberg				Uckermark			
Varianten**		2000		2001		2000		2001		2000		2001		2000		2001	
		(%)		(%)		(%)		(%)		(%)		(%)		(%)		(%)	
Kontrollen	12,5 cm	10,26	a*	9,12	a	12,08	a	11,96	a	9,71	a	8,68	a	10,76	a	11,06	a
	50,0 cm	11,50	b	9,65	a	12,53	ab	11,11	a	9,82	a	9,35	a	12,77	ab	12,29	a
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	11,51	b	9,50	a	12,80	ab	11,56	a	10,20	a	8,81	a	12,27	ab	11,60	a
	US II	11,37	ab	9,04	a	12,65	ab	12,30	a	9,66	a	9,02	a	13,24	b	11,86	a
	US III	11,60	b	9,16	a	12,84	ab	12,25	a	9,68	a	9,31	a	12,83	ab	11,66	a
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	11,57	b	9,41	a	12,33	ab	11,85	a	9,65	a	8,82	a	11,75	ab	11,92	a
	US II	11,25	ab	9,69	a	13,55	b	12,13	a	9,46	a	8,85	a	12,57	ab	12,00	a
	US III	12,01	b	9,51	a	13,06	ab	11,47	a	9,65	a	9,46	a	13,25	b	12,77	a

\* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\* Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand  
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)  
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst  
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

Tabelle 3.13.4: Feuchtklebergehalte von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen auf vier Standorten und in zwei Versuchsjahren, n = 32

		Wetterau				Oberer Neckar				Vogelsberg				Uckermark			
Varianten**		2000		2001		2000		2001		2000		2001		2000		2001	
		(%)		(%)		(%)		(%)		(%)		(%)		(%)		(%)	
Kontrollen	12,5 cm	22,38	a*	29,42	a	26,26	a	22,72	a	18,03	a	27,96	a	27,65	a	25,45	a
	50,0 cm	26,73	ab	30,49	a	28,22	abc	24,81	a	19,71	a	28,86	a	31,36	a	27,60	a
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	27,54	ab	29,82	a	28,52	abc	27,17	a	17,98	a	25,24	a	29,84	a	28,68	a
	US II	25,20	ab	28,65	a	29,72	abc	25,78	a	18,55	a	25,75	a	33,44	a	26,30	a
	US III	27,24	ab	28,52	a	29,39	abc	26,81	a	18,35	a	27,22	a	30,84	a	27,81	a
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	24,52	ab	26,97	a	27,15	ab	27,17	a	18,27	a	28,32	a	29,91	a	24,46	a
	US II	26,04	ab	30,24	a	32,40	c	27,82	a	17,04	a	30,79	a	30,78	a	27,27	a
	US III	28,84	b	29,33	a	31,68	bc	25,26	a	18,88	a	28,24	a	31,97	a	29,21	a

\* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\* Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand  
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)  
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst  
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

Die standortspezifischen Besonderheiten des Sedimentationswertes (Tab. 3.13.5) sind ähnlich dem Kornertag (Tab. 3.1.1) und dem Rohproteingehalt (Tab. 3.13.1). Die höchsten Werte wurden auf dem Standort Oberer Neckar und Uckermark erzielt, gefolgt von den Standorten Wetterau und Vogelsberg. Ähnlich dem Rohproteingehalt wurden in 2000 höhere und in 2001 niedrigere Sedimentationswerte beobachtet.

Tabelle 3.13.5: Sedimentationswert (ml) von Winterweizen (Sorte Bussard) im Durchschnitt der Behandlungen auf vier Untersuchungsstandorten und in zwei Versuchsjahren, n = 128

Standorte	2000		2001		$\bar{x}$
Wetterau	42,74	b	23,56	c	33,15
Oberer Neckar	47,72	b	38,58	a	43,15
Vogelsberg	29,85	c	17,39	d	23,63
Uckermark	58,83	a	33,77	b	46,30
$\bar{x}$	44,78		28,33		

Signifikante Effekte der Versuchsbehandlungen auf den Sedimentationswert wurden in drei der acht Versuche festgestellt (Tab. 3.13.6).

#### Resultate der Mahl- und Backversuche

Von ausgewählten Versuchsvarianten wurden zur Ernte 2000 und 2001 von zwei Standorten Mischproben aus dem Erntegut entnommen und auf die in Tabelle 3.14 genannten Parameter untersucht. Auf eine statistische Verrechnung wurde aufgrund des geringen Probenumfangs verzichtet. Die Indikatoren sollen ergänzende Information zu den Resultaten der indirekten Qualitätsparameter liefern, die oben bereits mitgeteilt wurden.

In Übereinstimmung mit den in Tabelle 3.13 angegebenen Resultaten deuten die Ergebnisse zum Backvolumen darauf hin, dass durch einen Anbau des Winterweizens in Weiter Reihe auch tatsächlich eine höhere Volumenausbeute erreicht werden konnte. Im Mittel über alle Standorte ließ sich das Mehl aus dem Normalanbau mit 12,5 cm Reihenabstand nur in die Kategorie „geringe Backfähigkeit“ einordnen (Spannweite 550 – 599). Demgegenüber erreichte das Mehl aus den Varianten der Weiten Reihe die Kategorie „befriedigende Backfähigkeit“ (Spannweite 600 – 629). Die Kennziffern Aschewertzahl und Mehlanfall zeigten nur unmaßgebliche Unterschiede.

Tabelle 3.13.6: Sedimentationswert (ml) von Winterweizen (Sorte Bussard) in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen auf vier Standorten und in zwei Versuchsjahren, n = 32

		Wetterau				Oberer Neckar				Vogelsberg				Uckermark			
Varianten**		2000		2001		2000		2001		2000		2001		2000		2001	
Kontrollen	12,5 cm	34,25	a*	21,50	a	43,50	a	37,62	a	29,75	a	18,00	a	46,38	a	26,50	a
	50,0 cm	43,63	ab	23,25	a	47,88	a	35,25	a	31,38	a	21,63	a	62,88	b	38,13	ab
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	44,13	ab	24,50	a	47,25	a	32,87	a	30,75	a	17,25	a	57,38	ab	32,13	ab
	US II	42,50	ab	22,00	a	46,75	a	39,75	a	28,88	a	15,25	a	62,38	b	33,63	ab
	US III	42,88	ab	24,50	a	47,63	a	44,00	a	30,13	a	18,50	a	61,00	b	33,38	ab
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	46,13	b	23,87	a	45,75	a	38,75	a	29,63	a	13,00	a	56,00	ab	30,25	ab
	US II	41,38	ab	24,87	a	53,25	a	39,75	a	28,63	a	16,50	a	62,13	b	40,50	b
	US III	47,00	b	24,00	a	49,75	a	40,63	a	29,63	a	19,00	a	62,50	b	35,63	ab

\* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\* Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand  
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)  
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst  
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr



Tabelle 3.14: Backvolumen, Aschewertzahl und Mehlanfall von Winterweizen (Sorte Busard) in Abhängigkeit von der Reihenweite (Mittelwerte von vier Standorten, Erntejahr 2000 und 2001, Mischproben, n = 12)

Varianten	Backvolumen (ml)	Aschewertzahl	Mehlanfall Typenmehl 550 (%)
Normale Reihenweite 12,5 cm	555,0	686,0	80,3
Reihenweite 50,0 cm ohne Untersaat	607,5	705,0	78,1
Reihenweite 50,0 cm, Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr, gemulcht	608,0	697,5	78,9

### 3.1.4 Umweltparameter

Fragen des Umweltnutzens des Anbausystems Weite Reihe im Vergleich zum üblichen Anbau von Weizen mit engem Reihenabstand wurde vorrangig an den Parametern Stickstoff und Anfälligkeit des Bodens gegen Wassererosion nachgegangen.

#### 3.1.4.1 Stickstoff

Die umfangreichen Untersuchungen zum Gehalt der Bodenschichten 0 – 30 cm, 30 – 60 cm und 60 – 90 cm an löslichem Stickstoff ( $\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$ ) führten in keinem Jahr, zu keinem Untersuchungstermin, auf keinem Standort und in keinem der jeweils analysierten Horizonte zu signifikanten, behandlungsbedingten Effekten. Auf die Mitteilung der Ergebnisse in Tabellenform wird verzichtet.

Lediglich an Ergebnissen vom Standort Wetterau aus dem Jahre 2000 ergibt sich bei Betrachtung des  $\text{N}_{\min}$ -Gehaltes im Gesamtbodenhorizont 0 – 90 cm (Probennahme September, ca. 6 Wochen nach der Ernte) ein einzelner Anhaltspunkt dafür, dass der Fonds an löslichem Stickstoff im Boden durch den Kulturpflanzenbestand in den Anbausystemen Weite Reihe besser genutzt und damit ggf. eine Stickstoffauswaschung in Schichten tiefer 90 cm verhindert wurde (Tab. 3.15).

Der Restgehalt an  $\text{N}_{\min}$  (0 – 90 cm) betrug in der Kontrolle mit 12,5 cm Reihenabstand ca. 65 kg/ha. Alle Varianten des Anbausystems Weite Reihe zeigten deutlich geringere Restmengen; in drei Prüfgliedern waren diese Restmengen signifikant geringer als in der o.g. Kontrolle. Weder im folgenden Jahr auf gleichem Standort noch in den Untersuchungen auf dem Standort Vogelsberg bestätigen sich die oben beschriebenen Beobachtungen.

Tabelle 3.15: Gehalt an löslichem Stickstoff in der Tiefe 0 – 90 cm in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen; Termin: September des jeweiligen Jahres (n = 32)

N <sub>min</sub> - Gehalt in kg/ha in der Bodenschicht 0 - 90cm						
		Wetterau		Vogelsberg		
Varianten**		2000		2001	2000	2001
Kontrollen	12,5 cm	65,08	a*	17,73	27,14	29,28
	50,0 cm	47,38	ab	19,06	26,96	25,70
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	42,50	ab	17,94	25,29	29,40
	US II	37,43	b	18,34	21,57	23,16
	US III	35,97	b	18,13	28,19	21,83
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	32,77	b	18,31	54,37	21,97
	US II	40,68	ab	21,03	24,51	21,71
	US III	39,92	ab	17,50	30,79	23,13
$\bar{x}$		42,72		18,5	29,85	24,52

\* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\* Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand  
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)  
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst  
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

Signifikante oder zumindest bemerkenswerte tendenzielle Veränderungen des N<sub>min</sub>-Gehaltes (0 – 90 cm) in Abhängigkeit von den geprüften Anbausystemen wurden an keinem der Probenahmeterminen vor der Ernte festgestellt. Auf die Darstellung dieser Ergebnisse wird daher auch verzichtet.

#### C/N-Verhältnis in vegetativer Getreidebiomasse

Ein enges C/N-Verhältnis in der Getreidebiomasse bietet einen Anhaltspunkt für eine bessere Nährstoffversorgung des Weizenbestandes. Zugleich kann diese Kennziffer ein Indiz für eine bessere Ausnutzung des vorhandenen löslichen Stickstoffs im Boden sein, womit dieser vor Auswaschung geschützt wäre.

Die an den vier Standorten über zwei Jahre und zu jeweils zwei Terminen vorgenommenen Messungen (jeweils im Zusammenhang mit den Zeiternten I und II des Winterweizens) zeigten in ihrer Gesamtheit nur gelegentlich behandlungsbedingte Effekte. Lediglich auf dem Standort Uckermark ließen sich zum ersten Zwischenerntetermin im Mittel beider Untersuchungsjahre signifikante Wirkungen beobachten, die der Hypothese über eine bessere Ernährungssituation des Weizenbestandes bei Weiter Reihe nahe kommen. (Tab. 3.16). Das weiteste C/N-Verhältnis lag mit 38,3 : 1 in der Kontrolle mit 12,5 cm Reihenabstand vor. Alle

Systeme der Weiten Reihe zeigten engere C/N-Verhältnisse; vier davon signifikant gegenüber der o.g. Kontrolle.

Tabelle 3.16: C/N-Verhältnis der Weizenpflanzen vor dem ersten Mulchtermin in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Standort Uckermark, Mittel der Jahre 2000 und 2001, n = 64)

Varianten**		C/N-Verhältnis	
Kontrollen	12,5 cm	38,3	a*
	50,0 cm	29,3	b
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	30,8	b
	US II	32,1	b
	US III	32,5	ab
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	33,1	ab
	US II	32,7	ab
	US III	28,8	b

\* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\* Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand  
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)  
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst  
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

Auf dem Standort Vogelsberg wurden in 2000 ebenfalls signifikante Effekte beobachtet (Tab. 3.17), die jedoch lediglich Unterschiede zwischen einzelnen Varianten der Weiten Reihe belegen und nur einmalig aufgetreten sind.

#### Löslicher organisch gebundener Stickstoff ( $N_{org}$ )

Diese N-Fraktion repräsentiert näherungsweise den Gehalt an Stickstoff in der mikrobiell leicht abbaubaren, organischen Bodensubstanz.  $N_{org}$  kann durch intensive Bewirtschaftung entweder verstärkt abgebaut werden (z.B. Hacken) bzw. durch organische Rückstände eine Anreicherung erfahren. Eine dauerhafte Senkung des  $N_{org}$ -Gehaltes steht für eine Beeinträchtigung der Bodenfunktionen; eine Aufrechterhaltung oder Mehrung steht für eine Gewährleistung der Nachhaltigkeit der Produktion. Der  $N_{org}$ -Gehalt unterliegt einer starken jahreszeitlichen Dynamik.

Die Befunde der eigenen Untersuchungen ließen keinen Einfluss der Versuchsbehandlungen auf den  $N_{org}$ -Gehalt erkennen (Tab. 3.18).

Tabelle 3.17: C/N-Verhältnis der Weizenpflanzen vor dem ersten ersten Mulchtermin in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Standort Vogelsberg, differenziert für 2000 und 2001, n = 32)

Varianten**		C/N-Verhältnis 2000		C/N-Verhältnis 2001	
Kontrollen	12,5 cm	23,8	a*	27,0	ab*
	50,0 cm	25,1	a	24,2	a
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	23,6	a	26,7	ab
	US II	22,4	a	25,1	ab
	US III	23,7	a	24,9	ab
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	23,5	a	27,9	b
	US II	22,7	a	24,2	a
	US III	23,5	a	25,3	ab

Tabelle 3.18: Gehalt an löslichem, organisch gebundenem Stickstoff ( $N_{org}$ ) in kg/ha in 0 – 30 cm Tiefe in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen (Ergebnisse jeweils im Mittel der Standorte Wetterau und Vogelsberg sowie der Jahre 2000 und 2001, n = 128)

Varianten**		Juli (kg/ha)		September (kg/ha)	
Kontrollen	12,5 cm	18,2	a*	20,6	a
	50,0 cm	16,8	a	20,5	a
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	18,7	a	20,0	a
	US II	17,7	a	21,0	a
	US III	19,1	a	20,4	a
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	17,4	a	20,4	a
	US II	16,3	a	21,2	a
	US III	17,1	a	20,8	a
$\bar{x}$		17,6		20,6	

\* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\* Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand  
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)  
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst  
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

### 3.1.4.2 Bodenfeuchtigkeit

Ergebnisse, die über eine nachhaltige Beeinflussung des Bodenwassergehaltes durch die geprüften Anbausysteme Weite Reihe Auskunft geben, liegen nur für den Standort Wetterau vor (Tab. 3.19).

Mitgeteilt werden Veränderungen des Bodenwassergehaltes in der Schicht 0 – 30 cm Tiefe im Mittel der Jahre 2000 und 2001. Lediglich zu dem Probenahmetermin Juli und September konnten signifikante Effekte beobachtet werden. Im Juli war der Bodenwassergehalt der ungemulchten Untersaat (Aussaart zeitiges Frühjahr) signifikant niedriger als in den beiden Kontrollvarianten.

Tabelle 3.19: Bodenwassergehalt (Masse-%) in 0 – 30 cm Tiefe in Abhängigkeit von Reihenweite, Untersaat und Pflegemaßnahmen auf dem Standort Wetterau (Ergebnisse zu unterschiedlichen Terminen, jeweils im Mittel der Jahre 2000 und 2001; n = 64)

Varianten**		Juli (%)		September (%)	
Kontrollen	12,5 cm	13,3	a*	19,6	a
	50,0 cm	13,2	a	19,0	ab
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	12,4	ab	13,1	c
	US II	10,8	b	14,4	abc
	US III	12,6	ab	13,7	bc
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	11,7	ab	13,6	bc
	US II	11,5	ab	15,9	abc
	US III	12,2	ab	13,6	bc
$\bar{x}$		12,2		15,4	

\* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\* Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand  
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)  
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst  
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
 US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

Die stärkere Inanspruchnahme des Bodenwasservorrates durch die Systeme Weite Reihe mit Untersaat wurde jedoch erst zum Septembertermin deutlich. Gegenüber den beiden Kontrollen waren in allen Weite-Reihe-Systemen mit Untersaat geringere Wassergehalte zu beobachten. Die gemulchten und die nicht gemulchten Varianten mit Etablierung der Untersaat im Herbst sowie im späten Frühjahr hatten signifikant niedrigere Wassergehalte als die Kontrolle mit 12,5 cm Reihenabstand. Die Variante Herbstuntersaat (ungemulcht) besaß darüber hinaus signifikant weniger Wasser als die Kontrolle mit 50 cm Reihenweite ohne Untersaat.

Die Studie zur Analyse des Einflusses der Versuchsbehandlungen auf den Bodenwassergehalt zeigte auf dem Standort Vogelsberg, keine Effekte. Auf eine Mitteilung der Ergebnisse wird daher verzichtet.

### 3.1.4.3 Bodenabtrag durch Wassererosion

#### 3.1.4.3.1 Messungen im Feld

Die mit Hilfe der Erosionsmessenanlagen im Jahre 2000 auf dem Standort Vogelsberg erzielten Ergebnisse deuten eine geringe Erosionsdisposition der Anbausysteme Weite Reihe an (Tab. 3.20).

Tabelle 3.20: Bodenabtrag in kg/ha in Abhängigkeit von Reihenweit und Untersaat (Messungen Frühsommer 2000 auf dem Standort Vogelsberg)

Varianten*		Sedimat (kg/ha)
Kontrollen	12,5 cm	6,22
	50,0 cm	0,62
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	0,46
	US II	1,39
$\bar{x}$		2,17

\* Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand  
 50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)  
 US I Aussaat der Untersaat im Herbst  
 US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr

Die Resultate repräsentieren jedoch nicht das Ausmaß der tatsächlichen Erosionsereignisse und sind für eine Bewertung der Anbausysteme ungeeignet.

#### 3.1.4.3.2 Messungen im Labor

Aufgrund der im Freiland gesammelten (negativen) Erfahrungen wurden im darauffolgenden Jahr Aussagen zur Erosionsdisposition des Bodens bei unterschiedlichem Anbau von Winterweizen unter Laborbedingungen erarbeitet. Zu verwertbaren Ergebnissen führten die Untersuchungen mit künstlicher Beregnung von feldfrischen Proben bei möglichst ungestörtem Bewuchs (Tab. 3.21).

Tabelle 3.21: Bodenabtrag in t/ha in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat unter Laborbedingungen (Messungen am bewachsenen Boden vor dem Ährenschieben, Proben vom Standort Wetterau, Vegetationsjahr 2001)

		Bodenabtrag (t/ha )									
Varianten**		Schwach- regen 10 Minuten		Schwach- regen 10 Minuten		Starkregen 2 Minuten		Starkregen 2 Minuten		Gesamt	
Kontrollen	12,5 cm	2,06	a*	1,73	a	6,82	a	9,31	a	19,92	a
	50,0 cm	1,22	b	1,91	a	11,97	b	10,97	b	26,07	b
Reihenweite 50 cm, gemulcht	US I	0,0	c	0,63	c	0,81	c	1,74	c	3,17	c
	US II	1,58	b	2,29	b	9,04	ab	9,14	ab	22,05	ab

\* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\* Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand  
50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)  
US I Aussaat der Untersaat im Herbst

Zwei jeweils zehnminütige Schwachregenereignisse und zwei jeweils zweiminütige Starkregenereignisse simulierten eine unterschiedliche Intensität der Niederschläge. Zunächst wurde deutlich, dass infolge der beiden Starkregenereignisse beim Anbau des Weizens mit 50 cm Reihenweite ohne Untersaat signifikant mehr Boden im Vergleich zum Normalanbau abgeschwemmt wurde. In der Summe aller Regenereignisse wurden bei 12,5 cm Reihenabstand ca. 20 t/ha Feinerde erodiert, bei 50 cm Reihenentfernung 26 t/ha.

Die Weitreihensysteme mit Untersaat reagierten deutlich verschieden. Zu jeder Regenbehandlung sowie in deren Summe zeigte das System mit Herbstuntersaat sehr geringe, also signifikant niedrigere Mengen an erodiertem Boden gegenüber jenem System, indem erst im zeitigen Frühjahr die Untersaat gedrillt wurde. In der Erosionsstabilität war das Weitreihensystem mit Herbstuntersaat signifikant überlegen. Das System Weite Reihe mit Frühjahrsuntersaat zeigte lediglich bei der ersten Schwachregenbehandlung eine signifikant geringere Erosivität gegenüber der Kontrolle mit 12 cm Reihenabstand sowie bei der zweiten Schwachregenbehandlung eine signifikant geringere Erosionsanfälligkeit gegenüber beiden Kontrollen ohne Untersaat. Insgesamt lag folgende Reihung vor: Weite Reihe ohne Untersaat (26,0 t/ha) > Weite Reihe mit Untersaat im zeitigen Frühjahr (22,0 t/ha) > Normalanbau mit 12,5 cm Reihenentfernung (19,9 t/ha) > Weite Reihe mit Herbstuntersaat (3,2 t/ha).

### 3.1.5 Funktion der Mulchmaschine

#### Funktionsweise der Mulchaggregate

Die Qualität der Mulcharbeit erwies sich als abhängig von der Art des Bewuchses, der Fahrgeschwindigkeit und der Umdrehungsgeschwindigkeit der Mulchmesser. Die serienmäßige

Ausstattung mit einem Mulchmesser pro Mulcheinheit wurde während den Untersuchungen auf zwei Messer pro Aggregat erhöht. Hierdurch wurde unter allen untersuchten Bedingungen unabhängig von Wuchsdichte und Wuchshöhe sowie dem physiologischem Alter des Aufwuchses ein hundertprozentiger Mulcherfolg erreicht. Die mögliche Fahrgeschwindigkeit erwies sich unter Praxisbedingungen als fahrer- und untergrundabhängig und lag in dem Bereich von 8-12 km/h. Weitere Verbesserungen an den Mulchmessern sind in Erprobung (Mulchmesser als gezahnte Scheibe ausgebildet). Dadurch wird eine weitere Verringerung der Drehzahl angestrebt.

Während des Mulchvorganges wickelte sich teilweise langfaseriges Material um die Antriebswellen. Um dieses abzustellen, wurden oberhalb der Messer noch zusätzlich kurze Räummesser angebracht. Die Führung der Maschine in Frontanbau erwies sich als problemlos. Ausschlaggebend für einen erfolgreichen Einsatz war eine exakte Saat. Die im Vorfeld mit den Praktikern festgelegten Messerbreiten erwiesen sich bei dem Reihenabstand von 50 cm als sinnvoll. Eine Verstellbarkeit wurde als nicht notwendig betrachtet.

#### Gerät mit mechanischem Antrieb

Das Gerät mit mechanischem Antrieb ist gekennzeichnet durch eine starre Bauweise. Dadurch kann keine Bodenanpassung der einzelnen Aggregate erfolgen. Unter Praxisbedingungen erwies sich das als nicht ausschlaggebend, da auf den Betrieben ein ebenes Saatbett hergerichtet wurde. Nachteilig erwies sich das hohe Gewicht (ca. 900 kg) vor allem im ausgehobenen Zustand bei Wendevorgängen und während des Transportes. Der Antrieb über Keilriemen war mit einem gewissen Verschleiß verbunden. Keilriemen mit gezahntem Laufkonus haben sich als dauerhafter erwiesen. Um eine hohe Umdrehungszahl an den Mulchmessern zu erhalten, war eine hohe Motordrehzahl notwendig. Dies erwies sich für den Fahrer als Stressfaktor. Oben beschriebene Mulchmesser sollen Abhilfe schaffen.

Der Kraftbedarf für den Antrieb der Reihenmulchmaschine hat sich als sehr gering erwiesen. Herstellerangaben von rund 5 PS pro Aggregat können bestätigt werden. Damit ist ein Einsatz an einem leichteren Pflegeschlepper mit 50-75 PS durchführbar. Ein Allradtraktor ist wegen des hohen Eigengewichtes empfehlenswert.

#### Gerät mit hydraulischem Antrieb

Die Geräteausführung mit hydraulischem Antrieb erwies sich gegenüber der mechanischen Variante als wesentlich anfälliger. Das Öl überhitzte trotz eines im eigenen Kreislauf eingebauten Ölkühlers zu leicht. Dadurch wurde das System undicht und das Gerät musste wiederholt überarbeitet werden.

Die Bodenanpassung der Einzelaggregate war bei dieser Ausführung gegeben. Die Drehzahl des Mulchmessers wird über ein Ölmengenregler gesteuert und ist unabhängig von der Motordrehzahl. Das Gewicht des hydraulisch angetriebenen Gerätes liegt bei ca. 550 kg.



### **3.2 Anbauperiode 2001/2002**

In Ergänzung zur wissenschaftlichen Begleitforschung lt. Pkt. 3.1 sollten in der Anbauperiode 2001/2002 noch bestehende Kenntnislücken zur optimalen Aussaatstärke des Winterweizens bei weitem Reihenabstand, zu eventuell möglichen Sorteneffekten sowie zu Nachwirkungseffekten der bereits getesteten Systeme geschlossen werden. Aus Kapazitätsgründen beschränkten sich die Untersuchungen dazu zunächst auf die zwei beteiligten Betriebe in Hessen (Wetterau und Vogelsberg) und ein Versuchsjahr. Zudem war nur eine eingeschränkte Prüfmerkmalserfassung möglich.

#### **3.2.1 Optimierung des Weitreihenbaus durch Variation von Aussaatstärke und Sortenwahl**

Mit Beginn der unter Pkt. 3.1 beschriebenen Forschung wurden unzureichende Erkenntnisse zur optimalen Aussaatstärke bei weitem Reihenabstand deutlich. Zugleich kristallisierte sich die Frage heraus, ob unterschiedliche Sortentypen hinsichtlich Ertrag und Qualität in differenzierter Weise auf die Anbaubedingungen des Anbausystems Weite Reihe reagieren. Allgemein werden eher längerstrohige Weizensorten im ökologischen Landbau mit schneller Jugendentwicklung, guter Unkrautunterdrückung und nicht sehr später Reife bevorzugt. Die beiden ausgewählten Sorten entsprechen diesen Merkmalen, zeigen darüber hinaus aber auch sortenspezifische Eigenschaften, die eine unterschiedliche Anpassung vermuten ließen (Batis: A-Weizen, ertragsbetont, kürzere Halmlänge, planophile Blattstellung; Bussard: E-Weizen, qualitätsbetont, größere Halmlänge, erectophile Blattstellung).

Da sich in den ersten beiden Untersuchungsjahren die Weitreihensysteme mit einer Etablierung der Untersaat im Frühjahr als am erfolgreichsten hinsichtlich Ertrags- und Qualitätsbildung zeigten, wurde des Weiteren verfolgt, ob die Untersaat eher im zeitigen oder erst im späten Frühjahr ausgebracht werden sollte.

##### **3.2.1.1 Winterweizen**

###### **3.2.1.1.1 Erträge**

Auf beiden Standorten war die Sorte Batis der Sorte Bussard bezüglich des Kornertrags signifikant überlegen (Tab. 3.22). Zugleich zeigte sich ein um ca. 10 dt/ha höherer Ertrag auf dem Standort Wetterau im Vergleich zum Vogelsberg, bedingt durch die dort vorteilhafteren Boden- und Klimaverhältnisse.

Signifikante Effekte der Versuchsbehandlungen auf den Kornertrag konnten bei keiner Sorte und auf keinem Standort festgestellt werden (Tab. 3.23).

Im Mittel über die geprüften Sorten und Standorte zeigte sich der höchste Strohertrag in Verbindung mit dem höchsten N-Entzug im Stroh in der Kontrollvariante mit 12,5 cm Reihenabstand (Tab. 3.24). Es bestanden signifikante Effekte gegenüber allen geprüften Systemen mit

Reihenabständen von 50 cm. Der signifikant geringere Harvest-Index bei 12,5 cm spiegelt den hohen Strohertrag dieser Variante bei im Wesentlichen gleichen Kornerträgen wider (vgl. Tab. 3.23).

Tabelle 3.22: Kornertrag von Winterweizen in Abhängigkeit von Sorte und Standort (2002, im Mittel der Versuchsbehandlungen, n=80)

Sorten	Wetterau (dt/ha)		Vogelsberg (dt/ha)		$\bar{x}$
Bussard	45,1	a*	37,0	a	41,0
Batis	54,3	b	43,0	b	48,6
$\bar{x}$	49,7		40,0		

\*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

Tabelle 3.23: Kornertrag von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaaten (2002, im Mittel der Sorten und Untersuchungsstandorte, n = 80)

Varianten			Bussard (dt/ha)		Batis (dt/ha)		Sortenmittel (dt/ha)	
Reihenweite (cm)	Saatstärke (%)	Untersaat**						
12,5	100	ohne	42,7	a*	50,1	a	46,4	a
50,0	75	früh	42,3	a	50,0	a	46,2	a
50,0	75	spät	42,3	a	50,5	a	46,4	a
50,0	50	früh	42,5	a	51,3	a	46,9	a
50,0	50	spät	42,2	a	50,1	a	46,5	a

\*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\*Untersaaten: früh      Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
spät      Aussaat der Untersaat im späten Frühjahr

Tabelle 3.24: Strohertrag, Harvestindex und Stickstoffentzug durch das Stroh von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat (2002, im Mittel der Sorten und Untersuchungsstandorte, n = 80)

Varianten			Strohertrag (dt/ha)		Harvest-Index (%)		N-Entzug Stroh (kg/ha)	
Reihenweite (cm)	Saatstärke (%)	Untersaat**						
12,5	100	ohne	68,2	a*	42	a	28,7	a*
50,0	75	früh	45,7	b	51	b	15,7	b
50,0	75	spät	44,2	b	52	b	15,7	b
50,0	50	früh	46,0	b	51	b	16,5	b
50,0	50	spät	51,0	b	48	ab	16,6	b

\*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\*Untersaaten: früh Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
spät Aussaat der Untersaat im späten Frühjahr

### 3.2.1.1.2 Ertragsparameter

Hinsichtlich der Ertragsparameter ährentragende Halme, Anzahl Körner je Ähre und TKM waren keine sortenspezifische Effekte zu beobachten. Daher werden die Resultate im Mittel der geprüften Sorten mitgeteilt. Signifikante Effekte der verschiedenen Anbausysteme Weite Reihe gegenüber der Kontrolle blieben bei den ährentragenden Halmen und der Kornzahl je Ähre auf den Standort Wetterau beschränkt (Tab. 3.25 u. 3.26). In allen Systemen mit weitem Reihenabstand lag die Anzahl ährentragender Halme ca. 50 % unter jener der Kontrollen. Stattdessen war die Anzahl der Körner je Ähre doppelt so hoch wie bei 12,5 cm Abstand. Die TKM lag einheitlich bei ca. 40 g (Tab. 3.27).

Tabelle 3.25: Anzahl ährentragender Halme je m<sup>2</sup> von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat auf zwei Untersuchungsstandorten (2002, im Mittel der Sorten, n = 40)

Varianten			Wetterau		Vogelsberg	
Reihenweite (cm)	Saatstärke (%)	Untersaat**				
12,5	100	ohne	529	a*	258	a*
50,0	75	früh	252	b	221	a
50,0	75	spät	243	b	219	a
50,0	50	früh	234	b	235	a
50,0	50	spät	258	b	236	a

\*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\*Untersaaten: früh Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
spät Aussaat der Untersaat im späten Frühjahr

Tabelle 3.26: Anzahl Körner je Ähre von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat auf zwei Untersuchungsstandorten (2002, im Mittel der Sorten, n = 40)

Varianten			Wetterau		Vogelsberg	
Reihenweite (cm)	Saatstärke (%)	Untersaat**				
12,5	100	ohne	21,2	a*	40,3	a*
50,0	75	früh	40,7	b	46,7	a
50,0	75	spät	42,1	b	46,7	a
50,0	50	früh	44,4	b	43,7	a
50,0	50	spät	39,7	b	44,3	a

\*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\*Untersaaten: früh Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
spät Aussaat der Untersaat im späten Frühjahr

Tabelle 3.27: Tausendkornmasse (TKM) von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat (2002, im Mittel der Sorten und Untersuchungsstandorte, n = 80)

Varianten			TKM (g)	
Reihenweite (cm)	Saatstärke (%)	Untersaat**		
12,5	100	ohne	39,9	a*
50,0	75	früh	39,6	a
50,0	75	spät	39,9	a
50,0	50	früh	40,3	a
50,0	50	spät	40,0	a

\*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\*Untersaaten: früh Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
spät Aussaat der Untersaat im späten Frühjahr

### 3.2.1.1.3 Bestandesentwicklung

Der relative Pflanzenbestand im Frühjahr reagierte unterschiedlich auf die Standorte und die Versuchsbehandlungen (Tab. 3.28). Die beste Bestandesetablierung erlaubte die Sorte Bussard auf dem Standort Wetterau mit ca. 70 % (d.h. 70 % der ausgesäten keimfähigen Körner waren im Frühjahr als Einzelpflanze messbar). Die Bestandesetablierung auf dem Standort Vogelsberg gelang gegenüber der Wetterau deutlich schlechter (Bussard 51 %, Batis ca. 54 %).

In jedem Fall zeigte sich die Tendenz zu einem höheren relativen Pflanzenbestand bei geringer Aussaatstärke von 50 % Saatmenge (Kontrolle mit 12,5 cm 100 % Saatgutmenge). Gegenüber der Kontrolle gab es vereinzelte signifikante Effekte.

Der Bestockungsindex spiegelt den Pflanzenbestand vor der Bestockung im Frühjahr wider. Auch hier lag eine dreifach signifikante Wechselwirkung zwischen Standort, Sorte und Behandlung vor; signifikante Einzelwirkungen mit Aufschluss über Effekte der Versuchsbehandlungen Reihenweite, Saatstärke und Untersaat waren jedoch nur bei der Sorte Bussard auf dem Standort Vogelsberg auffindbar (Tab. 3.29). So hatte die Variante mit 50 cm Reihenweite, 75 % Aussaatstärke und Ausbringung der Untersaat im zeitigen Frühjahr eine signifikant bessere Bestockung als die Kontrolle. Je Einzelpflanze wurden dort im Mittel der vier Wiederholungen 2,8 Bestockungstriebe gebildet.

Tabelle 3.28: Relativer Pflanzenbestand von Winterweizen im Frühjahr vor der Bestockung in Prozent in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat (2002, Bezug: Anzahl keimfähiger Körner zur Aussaat, n = 20)

Varianten				Wetterau (%)		Vogelsberg (%)	
Sorten	Reihenweite (cm)	Saatstärke (%)	Untersaat**				
Bussard	12,5	100	ohne	59,0	a*	98,0	a
Bussard	50,0	75	früh	69,0	a	29,0	b
Bussard	50,0	75	spät	65,0	a	28,0	b
Bussard	50,0	50	früh	77,0	a	46,0	ab
Bussard	50,0	50	spät	78,0	b	54,0	ab
				69,6		51,0	
Batis	12,5	100	ohne	89,0	a	64,0	a
Batis	50,0	75	früh	55,0	ab	40,0	a
Batis	50,0	75	spät	53,0	b	46,0	a
Batis	50,0	50	früh	60,0	ab	62,0	a
Batis	50,0	50	spät	62,0	ab	56,0	a
				63,5		53,6	

\*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\*Untersaaten: früh Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
spät Aussaat der Untersaat im späten Frühjahr

Der größte Biomasseertrag zur Druschernte (Korn + Stroh) lag im Mittel über die Standorte und die Versuchsvarianten in der Kontrolle mit 12,5 cm Reihenabstand vor (vgl. Tab. 3.23 und Tab. 3.24). Diese hohe Gesamtbiomasseproduktion zeigte sich bereits anhand der geernteten Gesamtbiomasse (incl. N-Entzug) zu Beginn des Ährenschiebens (Tab. 3.30). Gegenüber der Kontrolle war das System Weite Reihe mit 75 % Saatstärke und spät gesäeter Untersaat signifikant unterlegen. Die Varianten mit 50 % Saatstärke wurden nicht geprüft.

Tabelle 3.29: Bestockungsindex von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat (2002, n = 20)

Varianten				Wetterau (Triebe/Pflanze)		Vogelsberg (Triebe/Pflanze)	
Sorten	Reihen- weite (cm)	Saat- stärke (%)	Unter- saat**				
Bussard	12,5	100	ohne	2,30	a*	0,50	a
Bussard	50,0	75	früh	1,60	a	2,80	b
Bussard	50,0	75	spät	1,70	a	2,60	ab
Bussard	50,0	50	früh	1,90	a	2,00	ab
Bussard	50,0	50	spät	1,90	a	1,50	ab
				1,88		1,88	
Batis	12,5	100	ohne	2,00	a	1,10	a
Batis	50,0	75	früh	1,60	a	1,80	a
Batis	50,0	75	spät	1,60	a	1,70	a
Batis	50,0	50	früh	1,70	a	2,20	a
Batis	50,0	50	spät	2,00	a	2,60	a
				1,78		1,88	

Tabelle 3.30: Biomasseaufwuchs und N-Entzug von Winterweizen (Sorte Bussard) zu Beginn des Ährenschiebens (EC 51) in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat (2002, im Mittel der Untersuchungsstandorte, n = 24)

Varianten			Biomasse- aufwuchs (dt/ha TS)		N-Entzug (kg/ha)	
Reihenweite (cm)	Saatstärke (%)	Untersaat**				
12,5	100	ohne	116,9	a*	89,3	a
50,0	75	früh	88,3	ab	73,0	ab
50,0	75	spät	81,9	b	66,6	b

\*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\*Untersaaten: früh Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
spät Aussaat der Untersaat im späten Frühjahr

### 3.2.1.2 Untersaaten

Gleichzeitig zur Zwischenernte zu Beginn des Ährenschiebens wurden auch Untersuchungen zur Entwicklung der Untersaaten vorgenommen. Zwischen den früh und spät gesäten Untersaaten gab es keine signifikanten Unterschiede (Tab. 3.31).

Nach dem Drusch blieb eine Stoppelbearbeitung aus. Auf beiden Standorten erfolgte Anfang Oktober 2002 vor der Herbstfurche eine erneute Messung der Untersaaten (Tab. 3.32). Erwartungsgemäß besaß die Kontrolle den geringsten Biomassebestand (vorrangig Unkraut und Ausfallgetreide). Deutlich höhere Biomassen und N-Entzüge hatten demgegenüber die Varianten Weite Reihe, in die entweder im zeitigen oder im späten Frühjahr Untersaaten eingebracht wurden (Variante mit später Untersaat signifikant höhere Werte gegenüber der Kontrolle). Signifikante Unterschiede zwischen den früh und spät gesäten Untersaaten lagen nicht vor.

Tabelle 3.31: Biomasseaufwuchs und N-Entzug von Untersaaten und Unkraut in Winterweizen zu Beginn des Ährenschiebens (EC 51) in Abhängigkeit von Aussaatzeit der Untersaat (2002, im Mittel der Untersuchungsstandorte, n = 16)

Varianten			Biomasseaufwuchs (dt/ha TS)		N-Entzug (kg/ha)	
Reihenweite (cm)	Saatstärke (%)	Untersaat**				
50	75	früh	6,5	a*	8,0	a
50	75	spät	7,3	a	7,7	a

Tabelle 3.32: Biomasseaufwuchs und N-Entzug von Untersaaten und Beikraut nach der Ernte (Anfang Oktober) in Abhängigkeit von Reihenweite und Aussaatstärke der Deckfrucht Winterweizen sowie Aussaatzeit der Untersaat (2002, im Mittel der Untersuchungsstandorte, n = 40)

Varianten			Biomasse nach der Ernte (dt/ha TS)		N-Entzug (kg/ha)	
Reihenweite (cm)	Saatstärke (%)	Untersaat**				
12,5	100	ohne	9,9	a*	32,5	a
50,0	75	früh	21,7	ab	69,6	ab
50,0	75	spät	20,2	ab	62,9	ab
50,0	50	früh	22,9	ab	77,9	ab
50,0	50	spät	34,5	b	109,7	b

\*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\*Untersaaten: früh Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
spät Aussaat der Untersaat im späten Frühjahr



### 3.2.1.3 Qualitätsparameter Winterweizenkorn

#### Rohproteingehalt

Die E-Weizensorte-Bussard erzielte auf beiden Standorten einen signifikant höheren Rohproteingehalt als die A-Weizensorte Batis (Tab. 3.33). Der Standort Vogelsberg war dem Standort Wetterau deutlich überlegen. Auch diese Ergebnisse belegen, dass sich Rohproteingehalt und Kornertrag umgekehrt proportional zueinander verhalten (vgl. auch Tab. 3.22).

Im Mittel beider Standorte reagierte die stärker ertragsbetonte Sorte Batis in dem geprüften System der Weiten Reihe mit signifikant höheren Rohproteingehalten gegenüber der Kontrolle (Tab. 3.34). Die qualitätsbetonte Sorte Bussard blieb unbeeinflusst.

Tabelle 3.33: Rohproteingehalt im Winterweizenkorn in Abhängigkeit von Sorte und Standort (2002, im Mittel der Versuchsbehandlungen, n=80)

Sorten	Wetterau (%)		Vogelsberg (%)		$\bar{x}$ (%)
Bussard	9,3	a*	11,6	a	10,5
Batis	8,7	b	10,3	b	9,5
$\bar{x}$	9,0		10,9		

\*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

Tabelle 3.34: Rohproteingehalt im Winterweizenkorn unterschiedlicher Sorten von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat (2002, im Mittel der Untersuchungsstandorte, n = 80)

Varianten			Bussard (%)		Batis (%)		Sortenmittel (%)
Reihenweite (cm)	Saatstärke (%)	Untersaat**					
12,5	100	ohne	9,9	a*	8,9	a*	9,4
50,0	75	früh	10,1	a	9,3	b	9,7
50,0	75	spät	9,9	a	9,3	b	9,6
50,0	50	früh	10,0	a	9,3	b	9,6
50,0	50	spät	10,2	a	9,5	b	9,9

\*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\*Untersaaten: früh Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
spät Aussaat der Untersaat im späten Frühjahr

### Feuchtklebergehalt

Hier waren signifikante standortspezifische Unterschiede im Mittel aller Versuchsbehandlungen zugunsten des Ortes Vogelsberg zu erkennen (Tab. 3.35). Es lagen keine Sorteneffekte vor.

Die geprüften Varianten des Anbausystems Weite Reihe zeigten gegenüber der Kontrolle tendenziell höhere Feuchtklebergehalte (Tab. 3.36).

Tabelle 3.35: Gehalt an Feuchtkleber in Abhängigkeit von Sorte und Standort (2002, im Mittel der Versuchsbehandlungen, n=80)

Sorten	Wetterau (%)		Vogelsberg (%)		$\bar{x}$ (%)	
Bussard	20,8		24,7		22,8	a
Batis	18,5		25,5		22,0	a
$\bar{x}$	19,7	a*	25,1	b		

\*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

Tabelle 3.36: Gehalt an Feuchtkleber von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat (2002, im Mittel der Untersuchungsstandorte, n = 80)

Varianten			Bussard (%)		Batis (%)		Sortenmittel (%)	
Reihenweite (cm)	Saatstärke (%)	Untersaat**						
12,5	100	ohne	21,4	a*	18,2	a*	19,8	a*
50,0	75	früh	22,1	a	21,6	a	21,8	a
50,0	75	spät	21,2	a	18,6	a	19,9	a
50,0	50	früh	23,5	a	21,7	a	22,6	a
50,0	50	spät	22,3	a	23,9	a	23,1	a

\*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\*Untersaaten: früh Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
spät Aussaat der Untersaat im späten Frühjahr

### Sedimentationswert

Den höchsten Sedimentationswert mit ca. 42 ml im Mittel der Versuchsbehandlungen besass die Sorte Bussard auf dem Standort Vogelsberg (Tab. 3.37). Bussard war Batis auf diesem Standort signifikant überlegen. Aus dem Standort Wetterau gab es keine Sorteneffekte. Zudem waren die auf dem Standort Wetterau erzielten Sedimentationswerte wesentlich niedriger als auf dem Standort Vogelsberg.

Im Mittel der Sorten und Standorte wurden bei 12,5 cm Reihenabstand (Kontrolle) der geringste Sedimentationswert mit 24,2 cm beobachtet (Tab. 3.38). Alle Werte der Varianten Weite Reihe lagen höher als dieser Wert. Mit 27,8 ml war die Variante Weite Reihe + 50 % Aussaatstärke + späte Untersaat der Kontrolle signifikant überlegen.

Tabelle 3.37: Sedimentationswert von Winterweizen in Abhängigkeit von Sorte und Standort (2002, im Mittel der Versuchsbehandlungen, n=80)

Sorten	Wetterau (ml)		Vogelsberg (ml)		$\bar{x}$ (ml)	
Bussard	21,9	a*	41,6	a	22,8	
Batis	19,8	a	32,9	b	22,0	
$\bar{x}$	20,9		37,3			

\*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

Tabelle 3.38: Sedimentationswert von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat (2002, im Mittel der Untersuchungsstandorte, n = 80)

Varianten			Bussard (ml)		Batis (ml)		Sortenmittel (ml)	
Reihenweite (cm)	Saatstärke (%)	Untersaat**						
12,5	100	ohne	27,3	a*	21,2	a*	24,2	a*
50,0	75	früh	28,4	a	24,6	a	26,5	ab
50,0	75	spät	27,4	a	23,9	a	25,7	ab
50,0	50	früh	29,3	a	25,7	a	27,5	ab
50,0	50	spät	30,0	a	25,5	a	27,8	b

\*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\*Untersaaten: früh      Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
spät      Aussaat der Untersaat im späten Frühjahr

#### 3.2.1.4 Umweltparameter

Untersuchungen zum Gehalt an löslichem Stickstoff ( $N_{\min}$ ) mussten auf den Standort Wetterau beschränkt werden. Signifikante Effekte wurden in keiner der realisierten Messreihen beobachtet (Tab. 3.39). Dennoch sind die deutlich höheren Gehalte an  $NO_3$ - und  $NH_4$ -Stickstoff zum Probenahmetermin April in allen Systemen Weite Reihe gegenüber der Kontrolle erwähnenswert. So lagen die  $N_{\min}$ -Gehalte bei Weitreihenanbau in der Tiefe von 0 –90 cm zwischen 46 und 60 kg/ha; hingegen waren in der Kontrolle nur 31 kg/ha zu finden.

Die deutlich geringeren Mengen im Mai zeigen die Ausschöpfung der  $N_{\min}$ -Vorräte im Zuge der Bestandesentwicklung. Erwähnenswerte Unterschiede zwischen den Varianten waren nicht mehr vorhanden.

Der Bodenwassergehalt wurde ebenfalls in allen 3 Tiefenstufen analysiert. Tab. 3.40 beschränkte sich auf die Ergebnisse aus der Ackerkrume. Es lagen keine signifikanten Effekte vor.

Tabelle 3.39: Gehalt an löslichem Stickstoff unter Winterweizen in der Tiefe 0 – 90 cm in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat (Standort Wetterau, n = 60);

**Probenahmetermin April 2002, Probenahme in den Reihen**

Varianten			Tiefenstufe 0-30 cm  (kg/ha)		Tiefenstufe 30-60 cm  (kg/ha)		Tiefenstufe 60-90 cm  (kg/ha)		Tiefenstufe 0-90cm  (kg/ha)	
Reihen- weite (cm)	Saat- stärke (%)	Unter- saat**								
12,5	100	ohne	5,7	a*	11,2	a	14,1	a	31,0	a
50,0	75	früh	20,0	a	15,2	a	18,6	a	53,8	a
50,0	75	spät	12,2	a	15,6	a	18,2	a	46,0	a
50,0	50	früh	12,3	a	18,3	a	20,3	a	50,9	a
50,0	50	spät	16,5	a	19,1	a	24,3	a	59,9	a

**Probenahmetermin Mai 2002, Probenahme in den Reihen**

12,5	100	ohne	7,8	a	4,8	a	3,9	a	16,5	a
50,0	75	früh	8,8	a	5,7	a	3,7	a	18,2	a
50,0	75	spät	7,6	a	5,0	a	3,9	a	16,5	a
50,0	50	früh	8,0	a	7,0	a	5,3	a	20,3	a
50,0	50	spät	6,8	a	3,6	a	4,1	a	14,5	a

**Probenahmetermin Mai 2002, Probenahme zwischen den Reihen**

50,0	75	früh	7,7	a	5,0	a	3,7	a	16,4	a
50,0	75	spät	7,1	a	4,4	a	3,8	a	18,9	a
50,0	50	früh	6,2	a	4,8	a	7,9	a	18,9	a
50,0	50	spät	7,5	a	3,7	a	6,2	a	17,4	a

\*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\*Untersaaten: früh      Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
spät      Aussaat der Untersaat im späten Frühjahr

Tabelle 3.40: Bodenwassergehalt (Gewichtsmasse-%) in 0-30 cm Tiefe unter Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat (Standort Wetterau, n = 60);

**Probenahmetermin April 2002, Probenahme in den Reihen**

Varianten			Tiefenstufe 0-30 cm (%)	
Reihenweite (cm)	Saatstärke (%)	Untersaat**		
12,5	100	ohne	14,9	a*
50,0	75	früh	15,1	a
50,0	75	spät	15,1	a
50,0	50	früh	15,3	a
50,0	50	spät	15,3	a

**Probenahmetermin Mai 2002, Probenahme in den Reihen**

12,5	100	ohne	17,3	a
50,0	75	früh	16,6	a
50,0	75	spät	16,8	a
50,0	50	früh	16,3	a
50,0	50	spät	17,5	a

**Probenahmetermin Mai 2002, Probenahme zwischen den Reihen**

50,0	75	früh	13,8	a
50,0	75	spät	12,9	a
50,0	50	früh	16,9	a
50,0	50	spät	16,7	a

\*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\*Untersaaten: früh Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
spät Aussaat der Untersaat im späten Frühjahr

Der Gesamtgehalt des Bodens an Kohlenstoff ( $C_t$ ) als Maßstab für den Humusvorrat war im August 2002 auf dem Standort Wetterau in der Variante Weite Reihe + 75 % Aussaatstärke + späte Untersaat signifikant höher als in der Kontrolle (Tab. 3.41). Am Merkmal Gesamtstickstoff, der ebenfalls als Maßstab für den Humusgehalt des Bodens nutzbar ist (TJURIN 1956), war kein solcher Effekt festzustellen.

Der Gehalt an heißwasserlöslichem Kohlenstoff ( $C_{hwl}$ ) steht für den Gehalt des Bodens an leicht umsetzbarer organischer Bodensubstanz (Nährhumus). Es gab keine erwähnenswerten Effekte durch die Versuchsbehandlungen. Interessanter ist der Gehalt an heißwasserlöslichem Stickstoff ( $N_{hwl}$ ). Dieser repräsentiert den potenziell nachlieferbaren organisch gebundenen Stickstoff im Boden, gekoppelt an den Vorrat an Nährhumus. Ebenso wie bei  $C_t$  bestand ein signifikanter Effekt zwischen der Kontrolle und dem System Weite Reihe mit später Untersaat.

Tabelle 3.41: Bodenkennzahlen zu Humus und Stickstoff unter Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Aussaatzeit der Untersaat (2002, Standort Wetterau, Bodenschicht 0-30 cm, Probenahmetermin Ende August, n=24);

Varianten			$C_t$ (mg/100g Boden)		$N_t$ (mg/100g Boden)		$C_{hwl}$ (mg/100g Boden)		$N_{hwl}$ (mg/100g Boden)	
Reihenweite (cm)	Saatstärke (%)	Untersaat**								
12,5	100	ohne	910	a*	93,2	a	24,9	a	3,5	a
50,0	75	früh	920	a	97,4	a	24,7	a	3,7	a
50,0	75	spät	970	b	97,4	a	24,7	a	3,8	b

\*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$

\*\*Untersaaten: früh      Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
spät      Aussaat der Untersaat im späten Frühjahr

### 3.2.2 Vorfruchtwirkung des Weitreihenbaus von Winterweizen

Insbesondere in Verbindung mit der Etablierung von Untersaaten wird eine verbesserte Vorfruchtwirkung des Fruchtfolgefeldes Winterweizen bei weitem Reihenabstand gegenüber dem Normalanbau vermutet, ja sogar erwartet. Erste Untersuchungen auf dem Standort Wetterau lassen darauf schließen, dass dieser verbesserte Vorfruchteffekt tatsächlich eintreten kann. Es erfolgt in Tab. 3.42 eine Gegenüberstellung der Korn- und Stroherträge von Winterweizen in 2001 als Vorfrucht, der Biomasseerträge der Untersaaten (+ Beikraut) in 2001 sowie der Korn- und Stroherträge der Nachfrucht Winterroggen in 2002, ergänzt um Angaben zur Fallzahl. Von maßgeblichem Interesse ist der Kornertrag des Winterroggens (Roggenanbau einheitlich mit 12,5 cm Reihenweite; getestet wurden Nachwirkungseffekte der Versuchshandlungen des Vorjahrs).

#### Roggenertrag 2002

Hervorhebung verdient, dass die beiden Vorjahrskontrollen ohne Untersaaten gegenüber den Varianten mit Weiter Reihe + Untersaaten deutlich niedrigere Roggenerträge besaßen. Auffallend waren die höheren Nachfruchterträge der Varianten, in denen bereits im Herbst 2000 die Untersaat gedrillt wurde (59,6 bzw. 64,2 dt/ha). Die gemulchte Variante war wieder besser als die nicht gemulchte Variante und zudem der Kontrolle mit ehemals 12,5 cm Reihenabstand (Winterweizen 2001) signifikant überlegen. Bei Stroh zeigte sich der Vorfruchteffekt der Untersaaten in ähnlicher Weise (nicht statistisch verrechnet). Die Fallzahl blieb im Wesentlichen unverändert.



Tabelle 3.42: Vergleichende Gegenüberstellung der Erträge der Vorfrucht Winterweizen, der Untersaat und der Nachfrucht Winterroggen auf dem Standort Wetterau

		Vorfrucht 2001				Untersaat/Beikraut unter Vorfrucht						Nachfrucht 2002					
		Winterweizen				Mulch I***		Mulch II		Nachernte		Winterroggen					
Varianten		Korn (dt/ha)		Stroh (dt/ha)		Biomasse (dt/ha TS)		Biomasse (dt/ha TS)		Biomasse (dt/ha TS)		Korn (dt/ha)		Stroh (dt/ha)		Fallzahl (sec.)	
Kontrollen	12,5 cm	35,0	a*	36,6	a	1,2	a	-		2,8	a	44,4	a	47,2		350	a
	50,0 cm	38,5	a	47,3	a	2,4	a	-		5,3	ab	47,2	ab	44,1		298	a
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	34,5	a	44,8	a	9,4	a	25,7	a	11,5	c	59,6	ab	67,7		364	a
	US II	35,6	a	39,8	a	3,6	a	10,4	a	9,5	bc	55,5	ab	47,9		346	a
	US III	36,7	a	42,5	a	5,1	a	1,5	a	9,4	bc	53,0	ab	56,11		322	a
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	36,1	a	40,6	a	7,8	a	25,0	a	11,9	c	64,2	b	61,4		323	a
	US II	38,9	a	46,3	a	3,4	a	6,0	a	10,3	c	55,5	ab	66,1		336	a
	US III	42,7	a	50,0	a	4,1	a	5,3	a	10,6	c	51,5	ab	74,0		342	a

\* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$ ;

\*\*\* Mulch I Biomasseertrag zum 1. Mulchtermin  
Mulch II Biomasseertrag zum 2. Mulchtermin

\*\* Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand  
50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)  
US I Aussaat der Untersaat im Herbst  
US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

Bei näherer Betrachtung der Folge Winterweizen – Winterroggen erschließen sich wie folgt Systemeffekte:

1. Der Kornertrag von Winterroggen in 2002 fiel in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Einbringung der Untersaat zur Vorfrucht Winterweizen in der Reihenfolge Herbstuntersaat – Untersaat im zeitigen Frühjahr – Untersaat im späten Frühjahr (Die Gleichförmigkeit spricht dafür, dass hier nicht allein der Zufall gewirkt hat.);
2. Dem entgegengesetzt stieg der Kornertrag der Vorfrucht Winterweizen in der gleichen Reihenfolge wie unter (1);
3. Die höchsten Biomasseerträge der Untersaaten wurden immer in den Varianten mit Herbstuntersaat festgestellt (vgl. auch Pkt. 3.1.2).

Folglich begünstigte die Reihung Herbstuntersaat – Untersaat im zeitigen Frühjahr – Untersaat im späten Frühjahr den Kornertrag der Deckfrucht durch abnehmende Konkurrenzbeziehungen und die Möglichkeit, durch verstärkte mechanische Pflegemaßnahmen den verfügbaren und/oder nachlieferbaren Bodenstickstoff besser in Anspruch zu nehmen. Dies ging zulasten der Möglichkeit, einen guten Bestand an Untersaaten auszubilden und folgerichtig auch zulasten der Vorfruchtwirkung oder besser des Vorfruchtnutzens des Anbausystems Weite Reihe. Ähnlich schlüssige Beobachtungen konnten auf dem Standort Vogelsberg leider nicht gemacht werden (Tab. 3.43).

Tabelle 3:43: Vergleichende Gegenüberstellung der Erträge der Vorfrucht Winterweizen, der Untersaat und der Nachfrucht Winterroggen auf dem Standort Vogelsberg

		Vorfrucht 2001				Untersaat/Beikraut unter Vorfrucht						Nachfrucht 2002					
		Winterweizen				Mulch I***		Mulch II		Nachernte		Winterroggen					
Varianten		Korn (dt/ha)		Stroh (dt/ha)		Biomasse (dt/ha TS)		Biomasse (dt/ha TS)		Biomasse (dt/ha TS)		Korn (dt/ha)		Stroh (dt/ha)		Fallzahl (sec.)	
Kontrollen	12,5 cm	35,5	a*	33,7	a	4,1	a	6,5	a	5,3	a	28,5	a	35,4		69	a
	50,0 cm	34,7	a	33,9	a	4,5	a	6,7	a	7,5	a	33,6	a	33,6		82	a
Reihenweite 50 cm ohne Mulchen	US I	30,7	a	38,7	a	5,1	a	6,9	a	7,3	a	28,2	a	32,6		90	a
	US II	30,2	a	35,6	a	3,2	a	6,5	a	8,0	a	29,9	a	32,5		65	a
	US III	30,9	a	41,3	a	3,6	a	5,9	a	5,4	a	25,7	a	30,4		88	a
Reihenweite 50 cm mit Mulchen	US I	30,1	a	36,4	a	5,7	a	10,2	a	6,8	a	25,5	a	25,5		86	a
	US II	29,7	a	34,7	a	4,0	a	10,0	a	7,2	a	30,6	a	35,5		69	a
	US III	28,0	a	31,5	a	3,2	a	8,5	a	8,3	a	28,1	a	29,7		88	a

\* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test  $\leq 0,05$ ;

\*\*\* Mulch I  
Mulch II

Biomasseertrag zum 1. Mulchtermin

Biomasseertrag zum 2. Mulchtermin

\*\* Varianten: 12,5 cm praxisüblicher Reihenabstand  
50,0 cm Weite Reihe (50 cm Reihenabstand)  
US I Aussaat der Untersaat im Herbst  
US II Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr  
US III Aussaat der Untersaat im späteren Frühjahr

### 3.3 Zusammenfassung und Bewertung der Teilergebnisse

#### 3.3.1 Anbauperioden 1999/2000 und 2000/2001

##### Kornertrag von Winterweizen (Tab. 3.1, 3.1.1 und 3.1.2)

*Die alleinige Ausdehnung der Reihenweite von 12,5 cm auf 50 cm bewirkte im Mittel über alle Standorte keine signifikanten Ertragseffekte. Mindererträge waren dann nicht auszuschließen, wenn eine hohe Standortgunst für den Winterweizen kombiniert mit vorteilhaften Witterungsbedingungen für die Ertragsbildung zusammentrafen, wie z.B. am Standort Oberer Neckar in 2001. Die Begrünung der Reihenzwischenräume wirkte sich unterschiedlich auf die Erträge aus. Während die Einsaat einer Untersaat im Frühjahr keine signifikanten Ertragseffekte verursachte, wurden im Mittel über alle Versuchsstandorte im Erntejahr 2001 bei Ausbringung der Untersaat im Herbst signifikante Mindererträge gegenüber der Normalsaat und eine deutliche Tendenz zu Mindererträgen gegenüber der Kontrolle mit 50 cm Reihenabstand beobachtet.*

In Jahren mit vorteilhaften Witterungsbedingungen für die Bildung eines hohen Kornertrags wie in 2001 wird offensichtlich auch der Biomasseertrag der im Herbst gesäten Untersaaten gefördert, so dass eine Konkurrenz um Standraum, Wasser und Nährstoffe nicht auszuschließen ist. Tatsächlich reagierten die Herbstuntersaaten mit wesentlich höheren Biomasseerträgen und N-Entzügen im Vergleich zu der Frühjahrsansaat (Tab. 3.10 und 3.11).

*Der Einsatz der Mulchmaschine hatte in keinem Jahr und auf keinem Standort einen ertragsfördernden bzw. ertragsmindernden Effekt gegenüber den nicht gemulchten Varianten.*

Die Mulchmaßnahmen selbst übten demzufolge auch keine nachteiligen Effekte auf die Ertragsbildung der angebauten Weizendeckfrucht aus.

##### Strohertrag und Harvest-Index (Tab. 3.2)

*Der Strohertrag wurde durch die geprüften Anbausysteme Weite Reihe nicht signifikant beeinflusst. Ertragsnachteile (Korn) durch Etablierung der Untersaaten im Herbst spiegelten sich in signifikant niedrigeren Harvest-Indizes wider.*

##### Ertragsparameter (Tab. 3.3 – 3.5)

*Die geprüften Ertragsparameter widerspiegeln das hohe Kompensationsvermögen der angebauten Weizensorte Bussard. Standortdifferenziert bewirkten die Anbausysteme Weite Reihe eine gewollte Reduktion der Anzahl ährentragender Halme je m<sup>2</sup> zugunsten einer höheren Anzahl an Körnern je Ähre. Die Tausendkornmasse wurde nicht signifikant verändert.*

##### Bestandesentwicklung Winterweizen (Tab. 3.6 – 3.9)

*Signifikante Unterschiede in Aufgang und Überwinterung zu Ungunsten der Weiten Reihe waren nur im Erntejahr 2000 festzustellen.*

Dieser Effekt wurde durch die hohen Aussaatmengen in der Variante Weite Reihe im Herbst 1999 verursacht. Alle Praxispartner vertraten die Ansicht, dass beim Anbau des Winterweizens die Aussaatstärke nicht gesenkt werden sollte und setzten diese Ansicht bei der Versuchsanlage durch. Der niedrige relative Pflanzenbestand im Frühjahr 2000 bewies, dass diese Ansicht falsch war. Daraufhin wurde zur Aussaat im Herbst 2000 die Aussaatstärke um 25 % reduziert. Mit einiger Sicherheit besteht also ein relativ hohes Einsparpotenzial an Saatgut.

*Die Anbausysteme Weite Reihe bewirkten einen tendenziell geringen Bestockungsindex gegenüber dem Normalanbau, was in der geringeren Anzahl ährentragender Halme wiederzufinden war. Die oberirdische erntbare Biomasse von Winterweizen einschließlich Stickstoffentzug blieb bis zum ersten Mulchtermin undifferenziert. Zur zweiten Zwischenernte zeigten sich signifikante Unterschiede in den gemulchten Varianten. Die Weizenbiomasse und der N-Entzug in der Variante Herbstuntersaat waren signifikant niedriger als in der Variante „späte Frühljahrsuntersaat“.*

Die Ergebnisse deuten im Vergleich mit den Kornerträgen des Jahres 2001 (Tab. 3.1), den Biomasseerträgen der Untersaaten zum zweiten Mulchtermin (Tab. 3.11) und den indirekten Qualitätsparametern (Tab. 3.13) auf das Bestehen von Konkurrenzbeziehungen zwischen den im Herbst gesäten Untersaaten und der Winterweizendeckfrucht hin. Diese Konkurrenzbeziehungen gingen offensichtlich zu Lasten des Kornertrags und der Kornqualität.

#### Bestandesentwicklung der Untersaaten (Tab. 3.10 – 3.13)

*Zu beiden Mulchterminen besaßen die im Herbst gesäten Untersaaten (Untersaaten) eine signifikant höhere Biomasse einschließlich N-Entzug als die Frühljahrsuntersaaten. Durch das Mulchen wurde das Wachstum der Untersaaten im Vergleich zu den ungemulchten Varianten gebremst. Dies zeigte sich zu beiden Zwischenernteterminen an geringeren Biomasseerträgen und N-Entzügen in den gemulchten Varianten.*

Die signifikant höheren Mengen an Biomasse in den Varianten Herbstansaat bildeten die Grundlage für den höheren Vorfruchtwert dieser Varianten gegenüber den Anbausystemen Weite Reihe mit Einbringung der Untersaaten im zeitigen bzw. späten Frühjahr (vgl. Abschnitt 3.2). Die Beeinträchtigung des Wachstums der Untersaaten durch den Einsatz des Mulchgerätes kann zu einer Minderung der Konkurrenz zwischen Untersaaten und Weizendeckfrucht beigetragen haben. Die tendenziell höheren Rohprotein- und Feuchtklebergehalte sowie Sedimentationswerte in den gemulchten Systemen mit Frühljahrsuntersaat könnten ein Indiz dafür sein (Tab. 3.13). Hier zeigt sich ein Bedarf nach tiefgründigerer Erforschung der Konkurrenzbeziehung zwischen Weitreihenbau von Getreide, Untersaaten und Kontrolle der Untersaaten durch Mulchtechnik.

### Qualitätsparameter (Tab. 3.13 , 3.13.1, 3.13.6 und Tab. 14)

*Im Mittel über die Standorte und Jahre waren verlässliche Aussagen zur Beeinflussbarkeit der Backqualität der Winterweizensorte Bussard von den Faktoren Reihenabstand, Untersaat und Mulchtechnik möglich. Bereits die Erweiterung des Reihenabstandes von 12,5 cm auf 50 cm bewirkte eine signifikante Steigerung des Sedimentationswertes sowie einen tendenziell deutlichen Anstieg der Rohprotein- und Feuchtklebergehalte. Die Ausbringung von Untersaaten in die 50 cm breiten Reihenzwischenräume wirkte sich gegenüber den Kontrollen mit 12,5 cm Reihenabstand nicht signifikant qualitätssteigernd aus. Ebenso hatte das Mulchen gegenüber den ungemulchten Varianten keine qualitätsverbessernde Wirkung. Von Bedeutung sind die signifikanten qualitätssteigernden Effekte der Variantenkombination Weite Reihe + Frühjahrsuntersaat + Mulchen der Untersaat gegenüber der Kontrolle mit 12,5 cm Reihenabstand.*

*Die besten Erfahrungen bei der Realisierung hoher Backqualitäten wurden auf den Standorten Oberer Neckar und Uckermark erzielt, gefolgt vom Standort Wetterau. Das mit Abstand niedrigste Qualitätsniveau wurde auf dem Standort Vogelsberg beobachtet.*

Trotz der schlechten Qualität des Weizens vom Standort Vogelsberg wurden im Mittel über alle Standorte und Jahre durch die genannte Kombination eine Backqualität erreicht, die den Anforderungen an Weizen aus ökologischer Erzeugung entsprachen. Nach BRUNNER (2001) liegen die Mindestanforderungen an Öko-Weizen bei 11,6 % Rohproteingehalt, 26 % Feuchtklebergehalt und einem Sedimentationswert von 34. Das schlechte Abschneiden der Versuche auf dem Standort Vogelsberg könnte auf eine falsche Sortenwahl zurückzuführen sein. Nach Auskunft des Betriebsleiters wurden bisher auf dem Standort Vogelsberg mit der Sorte Renan gute Erfolge erzielt.

Es stellt sich die Frage, warum die Kombination Weite Reihe + Untersaat im Frühjahr + Mulchen die oben beschriebenen signifikanten Qualitätsverbesserungen hervorrief. Die Frage ist vor dem Hintergrund der notwendigen Empfehlungen zum Anbausystem Weite Reihe für die Praxis von Interesse. Die Ergebnisse in Tabelle 3.13 haben bewiesen, dass der größere Reihenabstand bereits bessere Qualitäten hervorgerufen hat (+ 0,7 % Rohproteingehalt, + 2,2 % Feuchtkleber, + 5,8 ml Sedimentationswert). Die nicht gemulchten Untersaaten verbesserten diese Werte nicht weiter. Es bestand eher die Tendenz, dass sich die Qualitätswerte durch die Untersaaten wieder verschlechterten. Erst das Mulchen der im Frühjahr gesäten Untersaaten führte zu einem weiteren Qualitätsanstieg, in dessen Folge signifikant höhere Qualitäten gegenüber der Kontrolle mit 12,5 cm Reihenabstand erreicht wurden.

Es ist nötig, dieses Resultat näher zu betrachten! Die vorn vorgestellten Ergebnisse zeigten, dass sich die im Herbst ausgesäten Untersaaten deutlich besser entwickelt hatten als die Frühjahrsuntersaaten (Tab. 3.10 und 3.11). Dies wirkte sich in den beiden Untersuchungsjahren unterschiedlich auf die Erträge der Deckfrucht Weizen aus. Im Erntejahr 2000 mit geringerem Ertragsniveau übten die zu unterschiedlichen Zeiten ausgesäten Untersaaten keinen

signifikanten Ertragseffekt aus; in 2001 mit hohem Ertragsniveau wurden durch die gut entwickelten Herbstuntersaaten signifikante Mindererträge der Deckfrucht Winterweizen gegenüber der Kontrolle mit 12,5 cm Reihenabstand hervorgerufen. Gegenüber der Kontrolle mit 50 cm Reihenabstand bestand in 2001 eine deutliche Tendenz zu Mindererträgen in Höhe von 4 dt/ha Korn (Tab. 3.1). Auch diese Ergebnisse lassen auf das Bestehen einer Konkurrenz zwischen Weizendeckfrucht und Untersaat schließen. Je stärker die Untersaaten ausgebildet waren, um so stärker waren auch diese Konkurrenzbeziehungen. Sie nahmen in folgender Reihenfolge ab: Herbstuntersaat > Untersaat im zeitigen Frühjahr > Untersaat im späten Frühjahr.

Das Mulchen nahm Einfluss auf diese Konkurrenzbeziehungen. Hierbei zeigten sich unterschiedliche Wirkungen bei Mulchung der im Herbst bzw. im Frühjahr gesäten Untersaaten:

#### Mulchung der Herbstuntersaaten

Die Biomasse der im Herbst gesäten Untersaat wurde durch das erstmalige Mulchen stark dezimiert, so dass die bereits einmal gemulchte Variante zur zweiten Zwischenernte deutlich weniger Biomasse aufwies (16,4 dt/ha gegenüber 25,7 dt/ha TS, vgl. Tab. 3.11). Mit Sicherheit wurde durch das zweite Mulchen der Untersaat deren Biomassebildung nochmals stark beeinträchtigt. Die Regulierung des Biomasseaufwuchses war bzw. ist letztlich auch der Sinn dieser Maßnahme. Das Mulchen der Herbstuntersaat bewirkte keine signifikante Beeinflussung des Kornertrages (Tab. 3.1) und der Qualitätsparameter (Tab. 3.13). Offensichtlich wurden die Wechselbeziehungen zwischen Deckfrucht und Untersaat durch das Mulchen der Herbstuntersaat nicht nachhaltig beeinflusst.

#### Mulchung der Frühjahrsuntersaaten

Die im Frühjahr gesäten Untersaaten entwickelten beträchtlich weniger Biomasse als die Herbstuntersaaten (Tab. 3.10 und 3.11). Folglich dürften auch bestehende Konkurrenzbeziehungen zwischen Deckfrucht und Untersaat bedeutend schwächer ausgefallen sein als in der Variante Herbstuntersaat. Die im zeitigen Frühjahr gesäte Untersaat wurde zudem bereits durch das erste Mulchen beträchtlich gestört. Die letzte Zwischenernte vor dem zweiten Mulchtermin zeigte, dass durch diese Maßnahme die Biomasse auf 25 % der Untersaatbiomasse der ungemulchten Variante reduziert wurde (von 10,4 dt/ha auf 2,6 dt/ha TS). Die Unterschiede gelten lt. Tab. 3.11 zwar nicht als signifikant, sind aber plausibel.

Dass diese Mulchmaßnahme die Wechselbeziehung zwischen Deckfrucht und Untersaat beeinflusst haben könnte, lässt sich anhand der Versuchsergebnisse vermuten. Signifikante Ertragsbeeinflussungen lagen nicht vor (Tab. 3.1). Ebenso lagen keine signifikanten Qualitätsverbesserungen vor (Tab. 3.13). Das Mulchen der Frühjahrsuntersaaten äußerte sich aber durchweg als tendenziell positiv bezüglich der Rohprotein- und Feuchtklebergehalte und der Sedimentationswerte. Möglicherweise wurde durch das Mulchen die Konkurrenz zwischen Deckfrucht und Untersaat so weit gemildert, dass mehr Nährstoffreserven für die Qualitätsausbildung bereitgestellt werden konnten. Die signifikant besseren Qualitätsparameter der

Variantenkombination „Weite Reihe + Frühjahrsuntersaat + Mulchen“ gegenüber der Kontrolle mit 12,5 cm Reihenabstand sprechen für diese Annahme. Ebenso spricht für diese Annahme, dass die nicht gemulchten Kombinationen „Weite Reihe + Frühjahrsuntersaat“ gegenüber der o.g. Kontrolle noch keine signifikant höheren Qualitätsparameter zeigten.

Die Untersuchungen zum Umweltnutzen der getesteten Anbausysteme Weite Reihe (Pkt. 3.1.4) sollen nachfolgend auch zur Deutung der oben diskutierten Konkurrenzbeziehungen zwischen Deckfrucht und Untersaat herangezogen werden.

#### Stickstoffhaushalt des Bodens und der Pflanzen

*Die Anbausysteme Weite Reihe übten keinen nachweisbaren Einfluss auf den  $N_{\min}$ -Gehalt der Bodenschichten 0 – 30, 30 – 60 und 60 – 90 cm aus (Tab. 3.15)*

Diese auf zwei Standorten und über zwei Jahre durchgeführten Untersuchungen geben uns folgerichtig keine Auskunft über vermutete Effekte der verschiedenen Anbausysteme Weite Reihe auf Stickstoffan- oder Stickstoffabreicherungen im Boden, Stickstoffverlagerung in tiefere Bodenschichten oder eine bessere Nutzung des Stickstoffs durch die Kulturpflanzen. Ein einzelnes Ergebnis zur besseren N-Ausnutzung auf dem Standort Wetterau im Jahr 2000 deutet lediglich an, dass o.g. Effekte insbesondere dann nicht ausgeschlossen sind, wenn jahres- oder seasonspezifische hohe  $N_{\min}$ -Vorräte vorhanden sind, z.B. durch eine verstärkte Mineralisation im Boden.

*Untersuchungen zum C/N-Verhältnis in der vegetativen Getreidebiomasse zeigten in ihrer Gesamtheit keinen fördernden oder beeinträchtigenden Effekt der geprüften Anbausysteme auf den Versorgungszustand der Bestände mit Stickstoff (Tab. 3.16 und 3.17).*

Lediglich eine Untersuchungsserie auf dem Standort Uckermark verweist darauf, dass ein derartiger Effekt existieren kann. Ein regelmäßiges, d.h. verlässliches Eintreten dieser Wirkung konnte jedoch nicht bestätigt werden.

*Kurzfristige Veränderungen des Gehaltes des Bodens an löslichem organisch gebundenem Stickstoff, hervorgerufen durch die getesteten Anbausysteme, wurden nicht festgestellt (Tab. 3.18).*

Die Ergebnisse geben zu erkennen, dass der Anbau von Unter- bzw. Beisaaten in der jeweiligen Vegetationsperiode noch keine messbaren Veränderungen des Gehaltes der Ackerkrume an leicht abbaubarer organischer Bodensubstanz hervorrief. Folgerichtig gab es auch keine messbaren Veränderungen in der Menge an leicht löslichem organisch gebundenem Stickstoff. Dass gut entwickelte Untersaaten solche positiven, den Vorfruchtwert des Anbausystems Weite Reihe fördernden Effekte hervorrufen können, bleibt weiterhin zu vermuten. Dieser Frage sollte mit intensiveren Untersuchungen weiter nachgegangen werden.



### Wasserhaushalt des Bodens (Tab. 3.19)

*Auch die Ergebnisse zum Gesamtvorrat an Wasser im Boden, gemessen jeweils zeitgleich mit den  $N_{min}$ -Untersuchungen in drei verschiedenen Schichten bis 90 cm Bodentiefe und zu verschiedenen Terminen, ließen keine Rückschlüsse über eine unterschiedliche Beanspruchung des Bodenwasservorrates durch die getesteten Anbausysteme Weite Reihe zu.*

Das Vorhandensein derartiger Effekte kann aber angenommen werden. Es liegt nahe, dass stärker entwickelte Kulturpflanzenbestände zur Bildung einer größeren Biomasse auch mehr Wasser verbrauchen. Insbesondere in Mischkulturen wie dem System Weite Reihe mit Untersaat kann der höhere Wasserbedarf zur Konkurrenz um die knappe Ressource Wasser führen. Es wurden jedoch lediglich auf dem Standort Wetterau Hinweise auf eine stärkere Inanspruchnahme des Bodenwassergehaltes durch die Kombination Weizen + Untersaat festgestellt. Es ist ein detailliertes Monitoring zu dieser Problematik zu empfehlen.

### Bodenabtrag durch Wassererosion (Tab. 3.20 und 3.21)

*Die Böden der Anbausysteme Weite Reihe zeigten eine unterschiedlich starke Erosionsdisposition. Der größte Bodenabtrag durch simulierten Schwach- und Starkregen im Labor lag im Anbausystem „Weite Reihe ohne Untersaat“ vor (ca. 26 t/ha), gefolgt vom System „Weite Reihe mit Frühjahrsuntersaat“ (ca. 22 t/ha). Mit ca. 20 t/ha Bodenabtrag war „Weizen mit 12,5 cm Reihenabstand“ nur geringfügig besser. Den größten Widerstand gegen Wassererosion besaß die Variante „Weite Reihe mit Herbstuntersaat“ (ca. 3 t/ha).*

Durch Weitreihenbau ohne Untersaat wurde gegenüber der Kontrolle mit 12,5 cm Reihenabstand ein um ca. 30 % erhöhter Bodenabtrag gemessen (Tab. 3.44). Durch Etablierung einer Untersaat im Frühjahr konnte der Negativeffekt der Weiten Reihe ohne Untersaat deutlich gesenkt werden (nur noch + 11 % erhöhte Erosion gegenüber dem Normalanbau). Erwartungsgemäß besaß die Variante Weite Reihe mit Herbstuntersaat die geringste Erosion. Der gemessene Wert dürfte der Erosionsdisposition von Rotklee entsprechen.

Zur Einschätzung, ob die Erhöhung der Erosionsneigung durch die o.g. Variante des Anbausystems Weite Reihe bedenklich ist oder nicht, erfolgt ein Vergleich mit Angaben zum relativen Bodenabtrag von DIETZ (1990) sowie von SCHWERTMANN et al. (1987). Für Zuckerrüben gibt DIETZ (1991) etwa den dreifachen Wert gegenüber Weizen im Normalanbau an; nach SCHWERTMANN et al. (1987) liegt der relative Bodenabtrag von Zuckerrüben ca. zu 67 % über dem von Getreide. Für Silomais gibt DIETZ (1991) ca. das Fünffache gegenüber Getreide an; nach SCHWERTMANN et al. (1987) liegt der relative Bodenabtrag von Silomais bei der angegebenen Bodenbedeckung vierfach höher als der von Getreide.

Offensichtlich ist die Erhöhung der Erosionsdisposition durch den Weitreihenbau ohne Untersaat bzw. bei Etablierung der Untersaat erst im Frühjahr nicht dramatisch im Vergleich zu gängigen Reihenkulturen wie Zuckerrüben und Silomais. Allerdings liegen für diese Aussagen nur einmalige Messungen in einem für die Bewertung der Anbausysteme Weite Reihe

fortgeschrittenen Wachstumsstadium mit einer Bodenbedeckung der Kontrollvariante von 50 – 75 % vor. Die Unterschiede im vorhergehenden Bodenbedeckungsstadium von 10 – 50 % fallen lt. SCHWERTMANN et al. (1987) bei weitem nicht so vorteilhaft für Getreide im Vergleich zu Kartoffeln, Rüben und Mais aus. Es empfiehlt sich also, Messungen zur Erosionsdisposition der verschiedenen Anbausysteme Weite Reihe insbesondere in früheren Kulturperioden, also bei geringerer Bodenbedeckung, durchzuführen. Aus Sicht der Berichtersteller ist folglich ein Weitreihenbau von 50 cm ohne Untersaat bedenklich; die Etablierung der Untersaat im (möglichst) zeitigen Frühjahr dürfte ein vertretbarer Kompromiss sein. Fraglos ist die Etablierung einer Untersaat im Herbst aus Sicht des Erosionsschutzes die beste Variante.

Tab. 3.44: Gemessener Bodenabtrag im Vergleich mit anderen Kulturen

		Gemessener Bodenabtrag		Relativer Bodenabtrag	
		lt. Tab. 3.21		im Vergleich zur Schwarzbrache nach DIETZ (1990)	bei 50 – 75 % Bodenbedeckung nach SCHWERTMANN et al. (1987)
		(t/ha)	(%)		
Winterweizen	12,5 cm RW <sup>1)</sup>	19,9	100	0,08 – 0,11	3
Kontrollen	50,0 cm RW	26,1	131	--	--
Reihenweite 50 cm, gemulcht	Herbst- untersaat	3,2	16	--	--
	Frühjahrs- untersaat	22,0	111	--	--
Rotklee				0,02	--
Zuckerrüben (konventionell)				0,29	5
Silomais (konventionell)				0,51	12

<sup>1)</sup> Reihenweite

### 3.3.2 Anbauperiode 2001/2002

#### Erträge von Winterweizen (Tab. 3.22 – 3.24)

*Die Sorte Batis war der Sorte Bussard auf beiden Standorten signifikant im Kornertrag überlegen. Die günstigeren Boden- und Klimaverhältnisse des Standortes Wetterau erlaubten einen um ca. 10 dt/ha höheren Kornertrag gegenüber dem Standort Vogelsberg (Tab. 3.22). Gegenüber der Kontrolle mit engem Reihenabstand wurden keine signifikanten Ertragseffekte durch die geprüften Anbausysteme Weite Reihe festgestellt. Es gab keine sortenspezifischen Effekte der Anbausysteme Weite Reihe.*

Die Ergebnisse bestätigen somit, dass die verschiedenen geprüften Varianten des Anbausystems Weite Reihe keine negativen Ertragseffekte gegenüber dem Normalanbau von Winterweizen bewirkten.

*Die geprüften Systeme Weite Reihe bewirkten im ertragsstarken Erntejahr 2002 eine Dezimierung des Strohertrags.*

Eine Minderung des Strohertrags durch Weitreihenbau wurde in der vorhergehenden Hauptstudie (4 Standorte, 2 Jahre) nicht beobachtet.

#### Ertragsparameter (Tab. 3.25 – 3.27)

*Effekte der geprüften Anbausysteme auf Ertragsparameter blieben auf den Standort Wetterau beschränkt. In Übereinstimmung mit den Vorjahren wurde die Anzahl ährentragender Halme je m<sup>2</sup> durch den Anbau in Weite Reihe zugunsten der Kornzahl je Ähre gesenkt. Die TKM blieb wiederum unbeeinflusst.*

#### Bestandesentwicklung Winterweizen (Tab. 3.28 – 3.30)

*Die Sorte Batis reagierte auf beiden Standorten auf eine Reduktion der Aussaatstärke mit einem schlechteren Feldaufgang, ebenso die Sorte Bussard auf den Standort Vogelsberg. Auf diese Weise verursachte Unterschiede wurden durch ein differenziertes Bestockungsverhalten ausgeglichen.*

Die Ergebnisse sprechen für das gute Kompensationsvermögen des Winterweizens im Zuge der Bestandes- und Ertragsbildung. Der Kornertrag wurde letztlich durch die Behandlungen nicht signifikant beeinflusst. Aus Sicht des Kornertrags, des Feldaufgangs und der Bestockung kann daher die Aussaatstärke auf bis zu 50 % der bei Normalanbau üblichen Saattiefe reduziert werden.

*Anders als in den Vorjahren wurde in 2002 durch den Anbau in Weite Reihe in Verbindung mit einer Aussaatstärke von 75 % zu Beginn des Ährenschiebens eine deutlich geringere Biomasse im Vergleich zum Normalanbau festgestellt.*

Diese Besonderheit während der Vegetation wirkte sich nicht auf den Kornertrag (Tab. 3.23), dafür aber auf den Strohertrag aus (Tab. 3.24). Möglicherweise handelt es sich um einen jah-

restypischen Effekt. Aufgrund der Bedeutung des Strohs für Öko-Betriebe sollte dem beobachteten Phänomen jedoch weiter Aufmerksamkeit geschenkt werden.

#### Biomasseaufwuchs der Untersaaten (Tab. 3.31 u. 3.32)

Zeitig und spät im Frühjahr gedrillte Untersaat unterschied sich nicht in der gemessenen erntbaren Biomasse.

Die im Oktober des Erntejahres 2002 noch erntbare Biomasse (ggf. in der Praxis als Gründüngung zur Herbstfurche) kann wesentlich zur Verbesserung des Vorfruchtwertes des Fruchtfolgefeldes Winterweizen mit Weitreihenanbau und Untersaat beitragen (vgl. Pkt. 3.2.2).

#### Qualitätsparameter (Tab. 3.33 – 3.38)

*In Erntejahr 2002 wurde insgesamt ein niedrigeres Niveau der Qualitätsindizes für die Backqualität gegenüber den Erntejahren 2000 und 2001 gemessen. Es gab Sorten- und Standortunterschiede. Die Variationen der Qualitätsparameter in Abhängigkeit von den Prüffaktoren der Versuche war gering. Die Sorte Batis reagierte mit signifikant höheren Rohproteingehalten auf die Vergrößerung der Reihenweite in Verbindung mit reduzierter Aussaatstärke und Untersaaten (Tab. 3.34). Im Mittel der Sorten und Standorte wurden durch die geprüften Systeme Weite Reihe gegenüber der Kontrolle tendenziell höhere Sedimentationswerte gefunden. In einem Fall lag ein signifikanter Effekt vor. Die Feuchtklebergehalte wurden nicht nachhaltig beeinflusst. Es lagen keine signifikanten Effekte unterschiedlicher Saatstärken bzw. unterschiedlicher Termine der Einbringung der Untersaat auf die Qualitätsparameter vor.*

Aufgrund des niedrigen Niveaus der Ausprägung der Qualitätsindizes und der geringen versuchsbedingten Variation dieser Merkmale war das Untersuchungsjahr 2002 wenig ergiebig. Dass durch einen Anbau des Weizens in Weite Reihe die Backqualität verbessert wird, findet allerdings seine Bestätigung; dies insbesondere am Sedimentationswert. Der Sedimentationswert steht für die Klebermenge und die Klebergüte im Weizenkorn und gilt als einer der aussagekräftigsten Indikatoren. Auch die Qualitätsparameter geben zu erkennen, dass die Aussaatstärke ohne Nachteile bis zu 50 % gegenüber der üblichen Saatmenge bei Normalanbau reduziert werden kann. Späte Aussaat der Untersaat in Verbindung mit mehrmaliger vorhergehender mechanischer Bearbeitung ist für die Qualitätsausbildung offensichtlich vorteilhafter als zeitige Untersaat im Frühjahr. Ein Grund dafür dürfte die Mobilisierung von Nährstoffreserven aus dem Krumenbereich sein. Die Ergebnisse der Untersuchungen in den Erntejahren 2000 und 2001 werden somit bestätigt.

#### Bodenfruchtbarkeitseigenschaften (Tab. 3.39 – 3.41)

Die gemessenen Merkmale liefern keinen Anhaltspunkt dafür, dass durch die geprüften Varianten des Anbausystems Weite Reihe im Vergleich zum Normalanbau eine nachhaltige Be-

einflussung stattgefunden hat. Um derartige Aussagen zu erzielen, sind mehrjährige Versuchsreihen ohne Standortwechsel erforderlich.

Vorfruchtwirkung des Weitreihenanbaus (Tab. 3.42 u. 3.43)

*Mögliche Aussagen zur Vorfruchtwirkung beschränken sich auf die Versuchsergebnisse des Standortes Wetterau. Auf dem Standort Vogelsberg wurden keine nennenswerten Effekte beobachtet. Die Vorfruchtwirkung ist offensichtlich wesentlich abhängig vom Zeitpunkt der Ausbringung der Untersaat und vom Gelingen dieser Maßnahme. In der Reihenfolge: Untersaat Herbst – Untersaat zeitiges Frühjahr – Untersaat spätes Frühjahr sank die erntbare Biomasse der Untersaat; dies zugunsten des Ertrages der Deckfrucht Winterweizen, jedoch zuungunsten des Ertrages der Nachfrucht Winterroggen.*

Diese Ergebnisse sind einjährig und auf einen Standort begrenzt, daher wissenschaftlich nur wenig belastbar – jedoch plausibel. Aufgrund der großen Bedeutung der Fragestellung sollten weitere wissenschaftliche Untersuchungen folgen.

#### 4 Ergebnisse der betriebswirtschaftlichen Untersuchungen (Kurzfassung)

Die betriebswirtschaftliche Analyse wird in ihrer Gesamtheit als Anlage 1 mitgeteilt. Daher kann hier auf eine detaillierte Vorstellung der Einzelergebnisse verzichtet werden. Es galt mit Hilfe von Modellrechnungen herauszufinden, unter welchen Bedingungen die Anwendung des Anbausystems Weite Reihe für ökologisch wirtschaftende Landwirte eine ökonomisch interessante Alternative zu den herkömmlichen Anbauverfahren von Winterweizen in Normalsaat sein kann (vgl. Anlage 1, S. 1). Als Maßstab für die Modellrechnungen und Bewertung der Resultate wurde der hektarbezogene Gewinnbeitrag des Produktionsverfahrens Winterweizen gewählt, da dieser durch die mögliche Berücksichtigung der Festkosten einen höheren Informationswert als der Deckungsbeitrag besitzt (vgl. Anlage 1, S. 4).

Der Studie liegt eine zweistufige Vorgehensweise zugrunde:

1. Berechnung der Veränderung des hektarbezogenen Gewinnbeitrages infolge der Einführung des Anbausystems Weite Reihe ohne Berücksichtigung innerbetrieblicher Anpassungsprozesse und
2. Berechnung der Veränderung des hektarbezogenen Gewinnbeitrages unter Berücksichtigung möglicher innerbetrieblicher Anpassungen.

Weitere Detailinformationen liefert Anlage 1, S. 12 – 17.

Als Grundlage der wirtschaftlichen Untersuchungen wurden die Ergebnisse der experimentellen Begleitforschung der Jahre 1999/2000 sowie 2000/2001 herangezogen (vgl. Pkt. 3 sowie Anlage 1, Tab. 1). Berücksichtigung fanden die Kornerträge sowie die Rohproteingehalte der geernteten Getreidekörner. Als Basis für die Modellrechnungen wurden für jeden Betrieb die zwei ertraglich bzw. qualitativ vorteilhaftesten Varianten mit bzw. ohne Einsatz der Mulchtechnik ausgewählt. Darüber hinaus ging die Kontrollvariante „Weite Reihe, ohne Untersaat, gehackt“ als Vergleichsvariante in jede der Modellrechnungen ein (Anlage 1, Übersicht 3).

Zur monetären Bewertung der innerbetrieblichen Anpassungen und Fruchtfolgeeffekte im Rentabilitätsvergleich berücksichtigen die Autoren der Studie die tatsächlich von den Betriebsleitern vorgenommenen oder für sinnvoll erachteten betrieblichen Anpassungsschritte. Demnach wurden für jeden Betrieb sechs verschiedene Szenarien gerechnet:

- A) Szenarien ohne Berücksichtigung innerbetrieblicher Anpassungsreaktionen
  - A1 ohne Berücksichtigung einer möglichen Qualitätsvergütung,
  - A2 mit Berücksichtigung einer möglichen Qualitätsvergütung,
  - A3 mit Berücksichtigung einer möglichen Qualitätsvergütung und einem überbetrieblichen Einsatz der Mulchtechnik;
- B) Szenarien unter Berücksichtigung möglicher innerbetrieblicher Anpassungsreaktionen

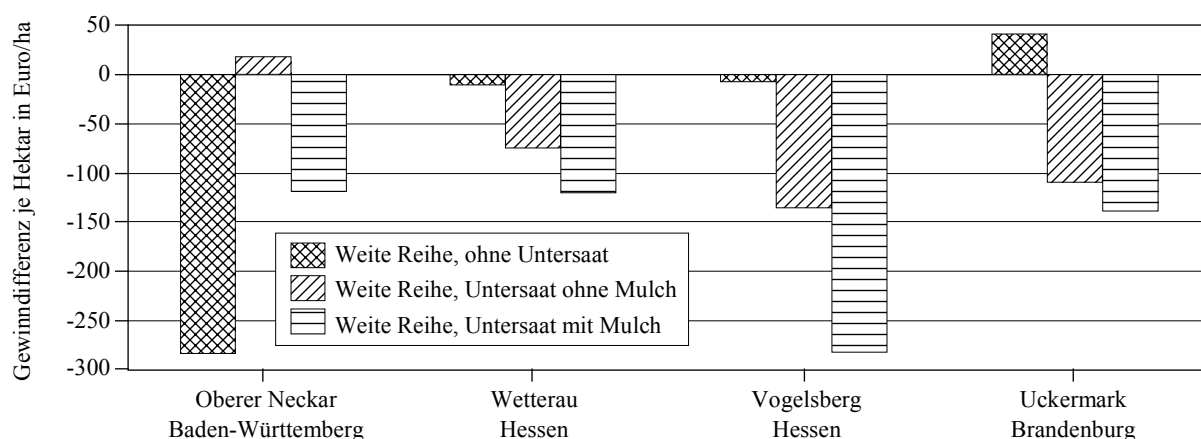
- B1 mit Berücksichtigung einer möglichen Qualitätsvergütung und einem überbetrieblichen Einsatz der Mulchtechnik,
- B2 tatsächliche Einführung der Weiten Reihe mit Berücksichtigung einer möglichen Qualitätsvergütung und einem eigenmechanisierten Mulchgerät sowie einer innerbetrieblichen Anpassung des Anbausystems auf Basis der außerhalb der Versuchspartzen erzielten Erträge und Qualitäten,
- B3 tatsächliche Einführung der Weiten Reihe mit Berücksichtigung einer möglichen Qualitätsvergütung und einem überbetrieblichen Einsatz der Mulchtechnik sowie einer innerbetrieblichen Anpassung des Anbausystems auf Basis der außerhalb der Versuchspartzen erzielten Erträge und Qualitäten.

#### 4.1 Überblick über die Ergebnisse der Modellrechnungen in den vier Partnerbetrieben

Eine detaillierte Beschreibung der Ergebnisse erfolgt in Anlage 1, S. 17 – 38.

##### Szenario A1

Die in Abbildung 4.1 graphisch aufbereiteten Ergebnisse dieser Modellrechnung zeigen, dass ohne eine zusätzliche Qualitätsvergütung lediglich in dem Versuchsbetrieb im oberen Neckargebiet mit der Variante „Weite Reihe, mit Untersaat, ohne Mulchen“ und in der Uckermark mit der Variante „Weite Reihe, gehackt, ohne Untersaat“ eine positive Gewinnentwicklung je Hektar Winterweizen zu erwarten ist. Damit wird deutlich, dass positive Ergebnisse in diesem Szenario nur erreicht werden, wenn die hohen Investitionskosten für den Reihenumlacher nicht zu Buche schlagen oder sogar die Kosten für die Untersaat eingespart werden können.



Ni\_2002-02-07

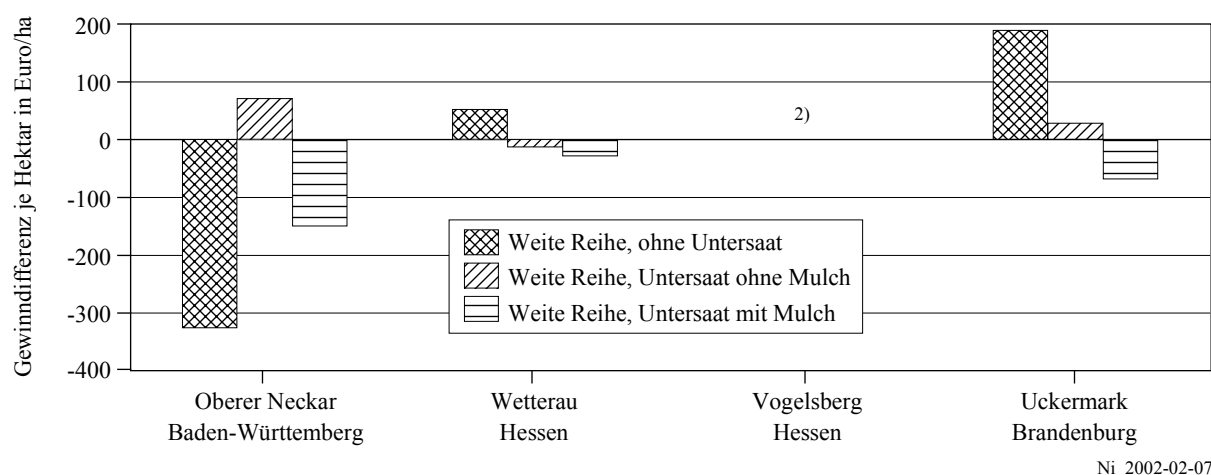
- 1) Hierfür wurde angenommen, dass das Anbauverhältnis bestehen bleibt und das Anbausystem "Weite Reihe" auf die gesamte Weizenfläche des jeweiligen Betriebs angewendet wird.

Quelle: STROHM-LÖMPCKE et al. (2002)

Abbildung 4.1: Gewinndifferenz je Hektar Winterweizen<sup>1)</sup> in den vier Versuchsbetrieben bei Einführung der Weiten Reihe ohne Berücksichtigung einer Qualitätsvergütung

### Szenario A2

Werden die am Markt realisierbaren Qualitätszuschläge berücksichtigt, könnte auch der Betrieb in der Wetterau in der kostengünstigsten Variante, nämlich der Kontrollvariante „Weite Reihe, gehackt, ohne Untersaat“, eine positive Gewinnentwicklung verzeichnen (Abb. 4.2). In den anderen beiden Betrieben steigt entsprechend die Rentabilität der jeweils günstigsten Variante. Den in diesem Szenario verwendeten Preisaufschlägen wurden Qualitätsvergütungen zugrunde gelegt, wie sie von den jeweils regional aktiven Erzeugergemeinschaften gewährt werden (Anlage 1, Tab. A1 und A2).



- 1) Hierfür wurde angenommen, dass das Anbauverhältnis bestehen bleibt und das Anbausystem "Weite Reihe" auf die gesamte Weizenfläche des jeweiligen Betriebs angewendet wird.  
 2) Eine Qualitätsvergütung ist aufgrund der fehlenden Qualität nicht möglich.  
 Quelle: STROHM-LÖMPCKE et al. (2002)

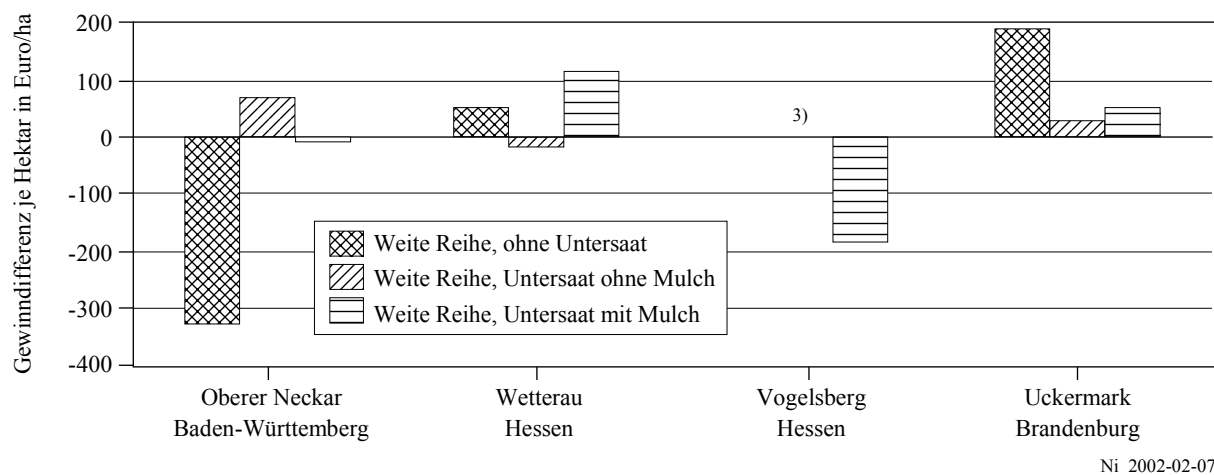
Abbildung 4.2: Gewinndifferenz je Hektar Winterweizen<sup>1)</sup> in den vier Versuchsbetrieben bei Einführung der Weiten Reihe mit Berücksichtigung einer Qualitätsvergütung

### Szenario A3

Da das mit etwa 20.000 € Investitionskosten anzusetzende Mulchgerät in den drei in den alten Bundesländern angesiedelten Betrieben nur unzureichend ausgelastet ist und dementsprechend mit sehr hohen jährlichen Kosten zu Buche schlägt, wurde eine weitere Variante gerechnet, in der eine überbetriebliche Nutzung des Reihenmulchers auf einer Fläche von 100 ha im Rahmen einer Maschinengemeinschaft unterstellt wird (Abb. 4.3). Aufgrund der Erhöhung der Auslastung verringert sich die Nutzungsdauer der Maschine von 15 auf 10 Jahre. In dieser Variante erhöht sich die Vorzüglichkeit des Weite-Reihe-Verfahrens mit Mulcharbeitsgängen deutlich um ca. 77 bis 133 €/ha, so dass in der Wetterau der Einsatz von Untersaaten



und entsprechender Mulchtechnik mit einem zusätzlichen Gewinnbeitrag von 116 €/ha rentabel wird. Für den Betrieb in der Uckermark ergeben sich keine Veränderungen, da hier der Mulcher mit 125 ha Weizenfläche auch ohne Fremdnutzung bereits ausreichend ausgelastet wäre.



- 1) Hierfür wurde angenommen, dass das Anbauverhältnis bestehen bleibt und das Anbausystem "Weite Reihe" auf die gesamte Weizenfläche des jeweiligen Betriebs angewendet wird.
- 2) Hierfür wurde angenommen, dass die Mulchtechnik auf einer Grundfläche von ca. 100 ha überbetrieblich eingesetzt wird.
- 3) Eine Qualitätsvergütung ist aufgrund der fehlenden Qualität nicht möglich, es wurde lediglich die überbetriebliche Nutzung der Mulch-technik berücksichtigt.

Quelle: STROHM-LÖMPCKE et al. (2002)

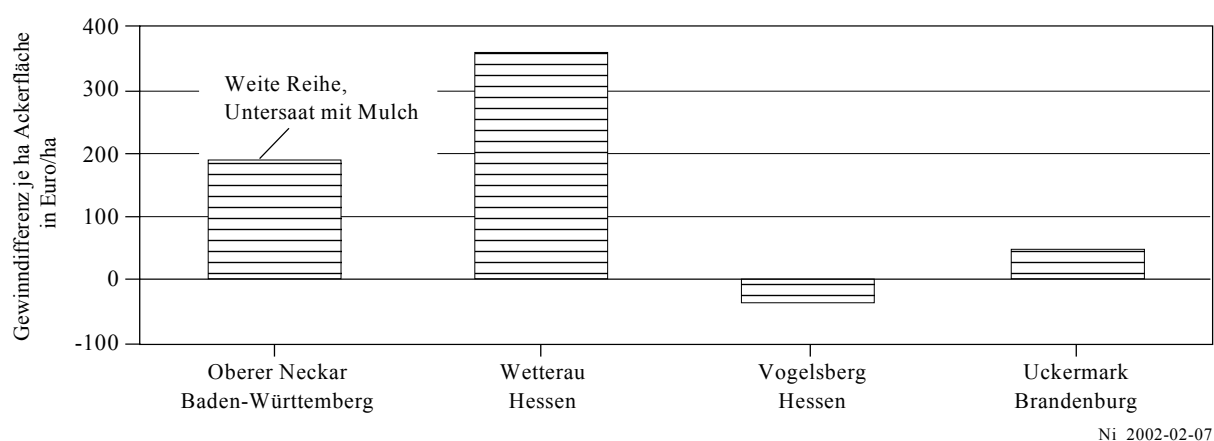
Abbildung 4.3: Gewinndifferenz je Hektar Winterweizen<sup>1)</sup> in den vier Versuchsbetrieben bei Einführung der Weiten Reihe mit Berücksichtigung einer Qualitätsvergütung und einem überbetrieblichen Einsatz der Mulchtechnik<sup>2)</sup>

#### Szenario A4

Im letzten der vier Szenarien, denen Versuchserträge und -qualitäten zugrundeliegen, wurde ausschließlich für die Variante „Weite Reihe, Untersaat, mit Mulch“ zusätzlich innerbetriebliche Anpassungen im Zusammenhang mit der Einführung der Weiten Reihe berücksichtigt. Dabei wurden Veränderungen modelliert, wie sie in den vier Betrieben im Zuge der Einführung der Weiten Reihe tatsächlich beobachtet wurden oder von den Betriebsleitern zukünftig für sinnvoll erachtet wurden. Dabei kann es sich z.B. um eine Umstellung der Fruchtfolge, Ertragszunahmen auch in anderen Kulturen oder auch eine Veränderung der Aufwendungen für die Getreidevermarktung durch eine Änderung der Vermarktungswege handeln. Für den uckermärkischen Betrieb musste mit den Betriebsleitern eine bisher weitgehend hypothetische Anpassungsvariante konstruiert werden (siehe dazu Anlage 1, Abschnitt 4.3.4), da in diesem Betrieb die Einführung der Weiten Reihe aufgrund der geringen Bedeutung zu keiner tatsächlichen betrieblichen Anpassung geführt hat. Auch im Betrieb Vogelsberg wurden in der Realität keine innerbetrieblichen Anpassungen vorgenommen. Da diese vom Betriebsleiter auch bei dauerhafter Etablierung der Weiten Reihe aufgrund der betrieblichen Gegebenheiten nicht

geplant sind, wurden auch im Modell keine Anpassungsreaktionen unterstellt. Somit unterscheiden sich die Ergebnisse dieses Szenarios nicht von den in Szenario A1 für die Variante CIII (Weite Reihe, Untersaat, mit Mulch) errechneten Daten.

Für die Betriebe Oberer Neckar, Wetterau und Uckermark, in denen innerbetriebliche Anpassungen berücksichtigt wurden, zeigten die auf die jeweils in den Betrieben bewirtschaftete Ackerfläche bezogenen Ergebnisse in diesem Szenario eine deutliche Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der Einführung der Weiten Reihe im Vergleich zum Normalsaatverfahren (Abb. 4.4). Am deutlichsten fiel dieser Effekt in Betrieb Wetterau aus, der seinen Gewinn um ca. 361 €/ha steigern konnte.



Ni\_2002-02-07

- 1) Hierfür wurde angenommen, dass das Anbauverhältnis bestehen bleibt und das Anbausystem "Weite Reihe" auf die gesamte Weizenfläche des jeweiligen Betriebs angewendet wird.
- 2) Hierfür wurde angenommen, dass die Mulchtechnik auf einer Grundfläche von ca. 100 ha überbetrieblich eingesetzt wird.
- 3) Hierfür wurde eine von den Betriebsleitern ggf. geplante oder bereits durchgeführte Umstellung der Fruchtfolge zugrunde gelegt.

Quelle: STROHM-LÖMPCKE et al. (2002)

Abbildung 4.4: Gesamtbetriebliche Gewinndifferenz<sup>1)</sup> je Hektar Ackerfläche in den vier Versuchsbetrieben bei Einführung der Weiten Reihe mit Berücksichtigung einer Qualitätsvergütung und einem überbetrieblichen Einsatz der Mulchtechnik<sup>2)</sup> sowie einer innerbetrieblichen Anpassung des Anbausystems<sup>3)</sup>

### Szenarien B2 und B3

In den weiteren Modellrechnungen wurden die in den Partnerbetrieben erzielten Ernte- und Qualitätsergebnisse zugrunde gelegt (persönliche Angaben der jeweiligen Betriebsleiter). Des Weiteren gingen in der Szenario-Berechnung die von den beteiligten Betriebsleitern favorisierten Varianten des Anbausystems Weite Reihe ein:

Oberer Neckar	Herbst-Untersaat, mehrmaliges Mulchen;
Wetterau	Herbst-Untersaat, ggf. Frühjahrsuntersaat, mehrmaliges Mulchen;
Vogelsberg	Herbst-Untersaat, mehrmaliges Mulchen;
Uckermark	Frühjahrs-Untersaat, mehrmaliges Mulchen.

Für alle Betriebe konnte eine Steigerung des gesamtbetrieblichen Gewinns – bezogen auf die gesamte Ackerfläche – durch Einführung des Anbausystems Weite Reihe errechnet werden. Voraussetzung ist die Richtigkeit der Betriebsleiterangaben.

Bei ausschließlicher Nutzung des Mulchgerätes im eigenen Betrieb (eigenmechanisiert) unter Berücksichtigung innerbetrieblicher Anpassungen (z.B. Senkung des Anteils der Rotationsbrache, Ausdehnung des Anteils von Marktfrüchten mit höherer Gewinnerwartung u.ä.) wurden Gewinndifferenzen zwischen + 5,- und + 364,- EUR je ha Ackerfläche und Jahr quantifiziert (Tab. 4.1, Szenario B2).

Erfolgte über die innerbetriebliche Anpassung hinaus eine überbetriebliche Nutzung, z.B. Mehrfachnutzung des Mulchgerätes im Rahmen von Maschinenringen, so konnte eine höhere gesamtbetriebliche Gewinndifferenz zwischen + 25,- und + 384,- EUR je ha Ackerfläche und Jahr quantifiziert werden (Tab. 4.1, Szenario B3).

Tabelle 4.1: Gesamtbetriebliche Gewinndifferenz zur Gewinnsituation vor Einführung der Weiten Reihe in den vier Untersuchungsbetrieben durch die tatsächliche Einführung des Anbausystems Weite Reihe (EUR je ha Ackerfläche und Jahr)

Betriebe	Weite Reihe mit eigenmechanisiertem Mulchgerät, Berücksichtigung innerbetrieblicher Anpassungen (Szenario B2)	Weite Reihe mit überbetrieblich mechanisiertem Mulchgerät, Berücksichtigung innerbetrieblicher Anpassungen (Szenario B3)
Oberer Neckar (45 ha) (vgl. Anlage 1, Tab. 4)	+ 99	+ 116
Wetterau (70 ha) (vgl. Anlage 1, Tab. 6)	+ 364	+ 384
Vogelsberg (98 ha) (vgl. Anlage 1, Tab. 8)	+ 35	+ 50
Uckermark (1.033 ha) (vgl. Anlage 1, Tab. 10)	+ 5	+ 25

#### 4.2 Erfahrungen mit dem Anbausystem Weite Reihe in acht weiteren Praxisbetrieben

Ein regionaler Schwerpunkt des Weite-Reihe-Anbaus liegt derzeit in Schleswig-Holstein. Dies ist zum einen auf das besondere Engagement des dortigen Beratungsrings zurückzuführen, zum anderen begünstigen bestimmte Standort- und Strukturvoraussetzungen die Wettbewerbsfähigkeit des Weite-Reihe-Verfahrens. So kann insbesondere auf den schweren Marschböden der niederschlagsreichen schleswig-holsteinischen Westküste im ökologischen Landbau auf den Einsatz der Hacke auch bei Normalsaat kaum verzichtet werden. Viele Betriebe haben zudem einen hohen Druck an Problemunkräutern und –gräsern wie dem Ackerfuchsschwanz. Insbesondere Betriebsleiter größerer viehlos wirtschaftender Ackerbaubetriebe, für die zudem die Produktion von qualitativ hochwertigem Backweizen von besonderer

Bedeutung ist, haben daher bereits seit Mitte der neunziger Jahre intensiv mit dem Weite-Reihe-Anbau experimentiert.

Auch in Niedersachsen und Hessen finden sich vereinzelt weitere Betriebe, die den Weite-Reihe-Anbau praktizieren. Acht dieser Betriebe wurden nach ihren bisherigen Erfahrungen mit diesem System befragt.

Die acht Betriebe werden in Anlage 1, Übersicht 4 vorgestellt. Außerdem wird in Anlage 1 über die betriebsspezifischen Zielsetzungen und Ausgestaltungen des Verfahrens Weite Reihe (Pkt. 5.2), die erzielten Ertrags- und Qualitätseffekte (Pkt. 5.3) sowie die jeweiligen betrieblichen Anpassungen (Pkt. 5.4) berichtet. Die Befragungen resultieren in folgender Gesamtbeurteilung (Anlage 1, S. 42 und 43):

Alle Betriebsleiter sehen die mit dem Weite-Reihe-System verfolgten Ziele in ihren Betrieben als weitgehend erfüllt an.

So wurden in allen Betrieben Qualitätsverbesserungen im Getreide erzielt. Bei Weizen wurden bessere Inhaltswerte mit Preisaufschlägen von 1,5 bis 7,5 €/dt entlohnt. Bei Hafer konnten durchgängig bei Anbau in Weite Reihe sehr gute Ernte- und Qualitätsergebnisse erzielt werden. Bei Dinkel und Roggen lagen die Erträge leicht unter den im Normalsaatverfahren erzielbaren Mengen. Eine Qualitätsentlohnung erfolgt bisher nicht. Die in der Regel gute und sichere Etablierung von Untersaaten in der Weite Reihe wurde von allen Betriebsleitern ebenfalls als starkes Argument für dieses Verfahren angesehen. Neben der langfristigen allgemeinen Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit wirken sich der Vorfruchtwert der Untersaaten und die Saatguteinsparung bei der Etablierung der Grünbrache auch kurzfristig ökonomisch positiv aus. In einem Fall wurde der Weite-Reihe-Anbau in Verbindung mit Kleeuntersaaten aufgrund seiner positiven Effekte für den Wildbestand von den örtlichen Jägern zusätzlich mit einer jährlichen Zahlung gefördert.

Unterschiedlich wird die Frage der Beikrautregulierung im Weite-Reihe-Verfahren beurteilt. So traten bei einigen Landwirten, die den Weite-Reihe-Anbau bereits seit mehreren Jahren praktizieren, vermehrt Distel- und auch Schneckenprobleme auf, die nur durch eine zeitweise Veränderung des Systems begrenzt werden konnten. Für andere Landwirte dagegen waren die positiven Effekte des Hackens und ggf. des Mulchens im Hinblick auf die Beikrautbekämpfung im Getreide Hauptargumente für den Anbau in Weite Reihe.

Als nachteilig wurde von einigen Betriebsleitern der hohe Arbeitsaufwand für das Hacken eingeschätzt. Weiterhin wurden die zusätzlichen Anforderungen an die Maschinenausstattung, die eine längerfristige Festlegung auf das System notwendig machen, als Nachteil genannt.

## **5 Schlussfolgerungen**

### **5.1 Schlussfolgerungen aus den naturwissenschaftlichen Begleituntersuchungen**

Eine Zusammenfassung und Bewertung der feldexperimentell erzielten Untersuchungsergebnisse geht aus Pkt. 3 hervor. Darauf aufbauend lassen sich folgende Schlüsse hinsichtlich Übertragbarkeit der Resultate auf weitere Investoren und Reduzierung der Umweltbelastung ziehen:

1. Die Ausdehnung des Reihenabstandes von Winterweizen von 12,5 cm auf 50 cm erwies sich als vorteilhaft für die indirekten Qualitätsparameter Sedimentationswert, Feuchtkleber- und Rohproteingehalt. In Kombination mit Untersaaten und Einsatz der Mulchtechnik wurden Backqualitäten erzielt, die den Anforderungen an Backweizen aus ökologischer Erzeugung entsprachen. Im Wesentlichen traten keine bzw. nur geringe Mindererträge bis 10 % insbesondere in ertragstarken Jahren ein.
2. Relevante Umweltwirkungen ließen sich nur anhand der Erosionsdisposition der verschiedenen geprüften Anbausysteme Weite Reihe gegenüber der Kontrollen mit 12,5 cm Reihenabstand beobachten. Die Ergebnisse lassen darauf schließen, dass aus Gründen des vorbeugenden Erosionsschutzes sowie zur Verbesserung des Vorfruchtwertes nicht auf Untersaaten verzichtet werden sollte. Der beste Erosionsschutz, gepaart mit dem höchsten Vorfruchtwert, war bei Etablierung von legumen Untersaaten im Herbst gegeben.
3. Die Variation der Qualitätsparameter des Winterweizens in Abhängigkeit von den Versuchsbehandlungen gab das Bestehen von Konkurrenzbeziehungen zwischen Deckfrucht und Untersaat zu erkennen. Diese Konkurrenzbeziehungen waren bei gut entwickelten Untersaaten am stärksten ausgeprägt. Vorteile des Weitreihenanbaus hinsichtlich der Backqualität wurden dadurch wieder kompensiert. Durch das Mulchen der Untersaaten im Frühjahr konnten diese Konkurrenzbeziehungen erheblich eingeschränkt werden.
4. Zukünftige Anwender des Anbausystems Weite Reihe sollten folglich auf keinen Fall auf eine Etablierung legumer Untersaaten und das Mulchen der Untersaaten zwischen den Reihen verzichten. Aufgrund unterschiedlicher Zielsetzungen und Erwartungen, die Anwender mit dem Anbausystem Weite Reihe verbinden, werden differenzierte Anwendungsempfehlungen für zweckvoll gehalten (Tab. 5.1).

Tabelle 5.1: Anwendungsempfehlungen zum Anbausystem Weite Reihe bei unterschiedlicher Zielsetzung der Anwender

	Zielsetzungen	
	maximale Backqualität und möglichst hoher Weizenertrag	maximaler Vorfruchtwert und hoher Umweltnutzen
Fruchtfolgestellung	bestmögliche Vorfrüchte; Futterleguminosen oder begrünte Rotationsbrache	weniger vorteilhafte Fruchtfolgestellung möglich; Vorfrüchte z.B. Körnerleguminosen, Hackfrüchte oder Getreide
Sortenwahl	E-Sorten	E- oder A-Sorten
Aussaatstärke	bis 50 % reduziert im Vergleich zum Normalanbau	bis 75 % reduziert im Vergleich zum Normalanbau
Reihenabstand	50 cm	50 cm
Ausbringung der Untersaat	im zeitigen Frühjahr nach Striegeln und Hacken	im Herbst, bei Misslingen im Frühjahr wiederholen
Einsatz der Mulchtechnik	mehrmaliger Einsatz in Abhängigkeit von der Wüchsigkeit der Untersaat und dem Unkrautbesatz	mehrmaliger Einsatz in Abhängigkeit von der Wüchsigkeit der Untersaat und dem Unkrautbesatz

## 5.2 Schlussfolgerungen aus den betriebswirtschaftlichen Begleituntersuchungen

1. Der Anbau von Winterweizen in Weiter Reihe führte zu einer deutlichen Verbesserung der Backqualität. Werden diese durch Preisaufschläge in entsprechender Höhe entlohnt, ist die Einführung der Weiten Reihe auch ohne weitere Anpassungen auf gesamtbetrieblicher Ebene dem Normalsaatverfahren überlegen. Für Betriebe, in denen die Einführung der Weiten Reihe im Weizenanbau ausschließlich der Realisierung von Qualitätszielen dient, sind die Entwicklungen auf dem Markt für ökologisch erzeugtes Qualitätsgetreide daher von hoher Bedeutung. Werden in den Betrieben darüber hinaus Gewinnbeiträge als Folge von innerbetrieblichen Anpassungen realisiert, erhöht sich dementsprechend die Wettbewerbsfähigkeit des Weite-Reihe-Verfahrens zusätzlich.
2. Die Einführung des Weite-Reihe-Anbaus war in der Regel mit einem leichten Anstieg der Arbeitserledigungskosten und einem geringfügigen Absinken des Ertragsniveaus verbunden. Wie die Modellrechnungen, aber auch die in den sonstigen Praxisbetrieben eingeholten Auskünfte zeigten, lohnt sich die Einführung des Weite-Reihe-Systems besonders dann, wenn daraus positive Effekte auch für andere Produktionsverfahren resultieren und/oder die Umsetzung gesamtbetrieblicher Anpassungen möglich wird. So können z. B. die aus der erfolgreichen Etablierung einer Untersaat resultierenden guten Vorfruchtwirkungen der Weite-Reihe-Kultur zu Ertragssteigerungen in der Folgefrucht führen und dar-

über hinaus eine ökonomisch interessante Umstellung der Fruchtfolge insgesamt ermöglichen. Durch die Reduzierung des Grünbracheanteils oder die Ausdehnung von Kulturen mit hoher Rentabilität wie z. B. der Hackfrüchte lässt sich zum einen der Gesamtertrag erhöhen, zum anderen tragen diese Maßnahmen gesamtbetrieblich durch die bessere Auslastung vorhandener Maschinen- oder auch der Arbeitskapazitäten zu Effizienzsteigerungen bei.

3. Auf der Kostenseite spielt der durch das Mulchen der Untersaaten im Weite-Reihe-Verfahren verursachte Aufwand eine wichtige Rolle. Bei ausschließlich eigenbetrieblicher Nutzung des auf den Versuchsbetrieben eingesetzten Gerätes belasten bei geringer Einsatzfläche hohe Maschinenkosten die Rentabilität des Verfahrens. Durch eine überbetriebliche Nutzung des Mulchgerätes ergibt sich daher zusätzlicher Spielraum für eine weitere Erhöhung der Rentabilität des Verfahrens.

## 6 Zusammenfassung

Bisher wurde die Frage des Reihenabstandes im Getreidebau hauptsächlich im Hinblick auf eine optimale Standraumverteilung diskutiert. Üblicherweise wird entsprechend bestehender Erfahrungen und Empfehlungen aus dem konventionellen Landbau auch in der Praxis des ökologischen Landbaus Getreide mit relativ engem Reihenabstand angebaut. Angestrebt wurde und wird eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Pflanzen auf der Fläche, um eine optimale Standraum- und Nährstoffausnutzung zu erreichen.

In Folge der Veränderung des Verbraucherverhaltens ist in jüngerer Zeit die Nachfrage nach qualitativ hochwertigem Backweizen aus ökologischem Anbau gestiegen. Die oben genannten herkömmlichen Anbausysteme erlauben im ökologischen Landbau aufgrund des Verzichtes auf eine mineralische Stickstoffdüngung allerdings oft nur unzureichende Qualitäten.

Alternativ dazu wird seit Mitte der neunziger Jahre in der Praxis des ökologischen Landbaus von einzelnen Landwirten erfolgreich versucht, mit einer Vergrößerung der Reihenweiten die Backqualität von Winterweizen positiv zu beeinflussen.

Hierbei gesammelte positive Erfahrungen veranlassten vier Landwirte in drei Bundesländern, seit dem Wirtschaftsjahr 1999/2000 beispielhaft bei einer breiten Praxiseinführung des Anbaukonzeptes Weite Reihe voranzugehen. Die Ziele der wissenschaftlichen Begleitung dieses Vorhabens durch die Professur für Organischen Landbau der Justus-Liebig-Universität Gießen lagen darin, die Vorteile und Durchführbarkeit dieses Anbausystems im Vergleich zum Normalanbau bezüglich Umweltnutzen und Wirtschaftlichkeit zu dokumentieren sowie Aussagen zur Optimierung des Verfahrens Weite Reihe abzuleiten.

Darüber hinaus beabsichtigte das Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig (Projektpartner) aufzuklären, unter welchen Bedingungen die Anwendung des Anbausystems Weite Reihe bei der Backweizenproduktion für ökologisch wirtschaftende Landwirte eine ökonomisch interessante Alternative zu den herkömmlichen Anbausystemen sein kann.

Hierzu wurden auf vier Praxisstandorten in den Vegetationsperioden 1999/2000 und 2000/2001 Feldversuche angelegt. In diesen Feldversuchen wurden der Einfluss unterschiedlicher Reihenweiten (50 cm im Vergleich zum üblichen Anbau mit 12,5 cm), die Wirkung von Untersaaten und die Effekte des Einsatzes eines Mulchgerätes auf Erträge, Qualitätseigenschaften und Umweltparameter geprüft. Weitere Versuche in der Vegetationsperiode 2001/2002 auf zwei Standorten in Hessen sollten helfen, noch bestehende Informationslücken zur optimalen Aussaatstärke, zu spezifischen Sorteneffekten sowie zu den Nachwirkungseffekten bereits getesteter Systeme zu schließen.

Um die Einführung des Anbausystems Weite Reihe auf die Wirtschaftlichkeit der jeweils beteiligten Betriebe zu beurteilen, wurden mit Hilfe des Simulationsmodells TIPI-CAL Verän-



derungen des hektarbezogenen Gewinnbeitrages errechnet. Es erfolgte ein zweistufiges Vorgehen unter Berücksichtigung verschiedener Szenarien.

Im Ergebnis der insgesamt dreijährigen wissenschaftlichen Begleituntersuchungen wurden folgende Resultate erzielt:

1. Die Kornerträge von Winterweizen wurden durch die geprüften Varianten des Anbausystems Weite Reihe nicht oder nur unwesentlich verändert. Die alleinige Ausdehnung der Reihenweite von 12,5 cm auf 50 cm bewirkte im Mittel über die Standorte keine signifikanten Ertragseffekte. Mindererträge bis zu ca. 10 % gegenüber dem Normalanbau traten dann auf, wenn eine hohe Standortgunst kombiniert mit vorteilhaften Witterungsbedingungen für die Ertragsbildung von Winterweizen zusammentrafen. Die Begrünung der Reihenzwischenräume mit legumen Untersaaten im Frühjahr rief ebenfalls keine signifikanten Veränderungen des Kornertrags hervor. Im ertragsreichen Jahr 2001 reagierten die Varianten, in denen die Untersaaten bereits im Herbst ausgebracht wurden, gegenüber dem Normalanbau mit Mindererträgen. Gegenüber den nicht gemulchten Varianten bewirkte der Einsatz der Mulchmaschine in keinem Jahr auf keinem Standort einen signifikanten Ertragseffekt.
2. Die analysierten Ertragsparameter für den Kornertrag widerspiegeln das hohe Kompensationsvermögen des Winterweizens. Die geprüften Anbausysteme Weite Reihe verursachten gegenüber dem üblichen Anbau eine (gewollte) Reduktion der Anzahl ährentragender Halme je m<sup>2</sup> zugunsten einer höheren Kornzahl je Ähre. Die Tausendkornmasse blieb im Wesentlichen unverändert.
3. Erwartungsgemäß bildeten die im Herbst gesäten Untersaaten signifikant mehr erntbare Biomasse aus als die im zeitigen bzw. im späten Frühjahr gesäten Untersaaten. Durch das Mulchen der Biomasseaufwüchse im Frühjahr wurde das Wachstum der Untersaaten deutlich gebremst.
4. Im Mittel über die Standorte und Jahre waren verlässliche Aussagen zur Beeinflussbarkeit der Backqualität der Winterweizensorte Bussard von den Faktoren Reihenabstand, Untersaat und Mulchtechnik möglich. Bereits die Erweiterung des Reihenabstandes von 12,5 cm auf 50 cm bewirkte eine signifikante Steigerung des Sedimentationswertes sowie einen tendenziell deutlichen Anstieg der Rohprotein- und Feuchtklebergehalte. Die Ausbringung von Untersaaten in die 50 cm breiten Reihenzwischenräume wirkte sich gegenüber den Kontrollen mit 12,5 cm Reihenabstand nicht signifikant qualitätssteigernd aus. Ebenso hatte das Mulchen gegenüber den ungemulchten Varianten keine qualitätsverbessernde Wirkung. Von Bedeutung sind die signifikanten qualitätssteigernden Effekte der Variantenkombination „Weite Reihe + Frühjahrsuntersaat + Mulchen der Untersaat“ gegenüber der Kontrolle mit 12,5 cm Reihenabstand.

Die besten Erfahrungen bei der Realisierung hoher Backqualitäten wurden auf den Standorten Oberer Neckar und Uckermark erzielt, gefolgt vom Standort Wetterau. Das mit Abstand niedrigste Qualitätsniveau wurde auf dem Standort Vogelsberg beobachtet.

5. Aussagekräftige Umwelteffekte der Anbausysteme Weite Reihe beschränkten sich auf Erkenntnisse zur Erosionsdisposition gegenüber Wasser. Der größte Bodenabtrag durch simulierten Schwach- und Starkregen lag im Anbausystem Weite Reihe ohne Untersaat vor, gefolgt vom System Weite Reihe mit Frühjahrsuntersaat. Weizen mit 12,5 cm Reihenabstand war nur geringfügig besser. Den größten Widerstand gegen Wassererosion besaß die Variante Weite Reihe mit Herbstuntersaat. Aus Gründen des Erosionsschutzes sollte nicht auf die Einbringung von Untersaaten verzichtet werden.
6. Die zunächst einjährigen Sortenvergleiche (Bussard, Batis) auf zwei Standorten zeigten keine maßgeblichen sortentypischen Effekte hinsichtlich Ertrag, Qualität und Bestandesentwicklung in Abhängigkeit von Reihenweite, Aussaatstärke und Zeitpunkt der Etablierung der Untersaaten im Frühjahr.
7. Die Untersuchungsergebnisse der Erntejahre 2000 – 2002 lassen den Schluss zu, dass bei Anbau des Winterweizens mit 50 cm Reihenabstand gegenüber dem Normalanbau eine deutliche Reduktion der Aussaatstärke möglich ist. Im Erntejahr 2002 bewirkte eine Minderung der Aussaatstärke auf 50 % gegenüber der Kontrolle keine Ertrags- und Qualitätsnachteile.
8. Mögliche Aussagen zur Vorfruchtwirkung der geprüften Systeme beschränken sich auf Versuchsergebnisse des Standortes Wetterau in 2002. Die Vorfruchtwirkung ist offensichtlich wesentlich abhängig vom Zeitpunkt der Ausbringung der Untersaat und dem Gelingen dieser Maßnahme. Mit Zunahme der Untersaatenintensität (Untersaat spätes Frühjahr – Untersaat zeitiges Frühjahr – Untersaat Herbst) stieg der Biomasseertrag der Untersaaten sowie der Ertrag der Nachfrucht Winterroggen. In der Tendenz sank in der gleichen Reihenfolge der Kornertrag der Deckfrucht Winterweizen.
9. Die Untersuchungen in ihrer Gesamtheit führten zu dem Schluss, dass durch einen Anbau von Winterweizen mit einem Reihenabstand von 50 cm gegenüber 12,5 cm mit einiger Sicherheit ein Qualitätsniveau erzielt werden kann, das den Anforderungen an eine hohe Backqualität gerecht wird. Voraussetzung bleibt weiterhin die Nutzung von E-Weizensorten und eine gute Stickstoffversorgung durch die Vorfrucht. Aus Gründen einer erhöhten Erosionsdisposition wird die Begrünung der Reihenzwischenräume mit Leguminosen für notwendig gehalten. Die Ertrags- und Qualitätsergebnisse geben weiter zu erkennen, dass gut entwickelte Untersaaten und die Weizendeckfrucht um Wasser und Nährstoffe konkurrieren. Diese Konkurrenz kann durch mehrmaliges Mulchen der Untersaat im Frühjahr ganz oder teilweise kompensiert werden.

Aus Sicht der Versuchsansteller wird daher folgende Variantenkombination des Anbausystems Weite Reihe den Erwartungen der Anwender bezüglich Ertrag, Qualität, Umweltnutzen und Vorfruchtwert am besten gerecht: Reihenweite 50 cm, Aussaat der Untersaat im zeitigen Frühjahr nach Striegeln und/oder Hacken sowie Mulchen der Untersaat mit der getesteten Mulchmaschine.

Da die Landwirte in der Praxis das Anbausystem Weite Reihe aus verschiedenen Motiven heraus nutzen, werden differenzierte Anwendungsempfehlungen a) zur Erzielung einer maximal möglichen Backqualität bei möglichst hohem Ertrag sowie b) zur Erzielung eines maximalen Vorfruchtwertes und eines hohen Umweltnutzens gegeben.

10. Nach verschiedenen Modifikationen während des Untersuchungszeitraumes an den Schneideinheiten kann die speziell entwickelte und getestete Mulchmaschine als praxisbewährt gelten. Ein mechanischer Antrieb zeigte gegenüber der hydraulischen Variante deutliche Vorteile hinsichtlich der Störanfälligkeit.
11. Die betriebswirtschaftlichen Untersuchungen haben gezeigt, dass – eine Realisierung von Preisaufschlägen für Qualitätsweizen vorausgesetzt – durch den Anbau von Winterweizen in Weite Reihe der gesamtbetriebliche Gewinnbeitrag des Weizens ansteigt. Bei überbetrieblicher Nutzung des kostenintensiveren Reihenumulchgerätes wird die Rentabilität des Verfahrens weiter erhöht. Eine Einführung des Anbauverfahrens lohnt sich besonders dann, wenn daraus positive Effekte für andere Produktionsverfahren resultieren und eine gesamtbetriebliche Anpassung möglich ist.

## 7 Literatur

- ALVERMANN, G., 1996: Das Weitreihenverfahren- Erfahrungen in Schleswig-Holstein. *bioland* 3, 14.
- ARBEITSGEMEINSCHAFT GETREIDEFORSCHUNG (Hrsg.), 1994: Standard-Methoden für Getreide Mehl und Brot. Schäfer, Detmold.
- BRUNNER, B., 2001: Qualitätsbewusster Anbau. *bioland* 3, 26-27.
- BAEUMER, K., 1992: Allgemeiner Pflanzenbau. 3. Auflage, Ulmer.
- DIETZ, T., 1990: Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 1108/1990.
- GERMEIER, CH., 1997: Erste Erfahrungen mit Weitreihenverfahren für Winterweizen mit Leguminosen- und Kräuterbeisaaten. In KÖPKE U., J.A. EISELE (Hrsg.): Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Bonn. Schriftenr. Inst. f. Organischen Landbau.
- HOCHMANN, J., 1998: Winterweizen-Reihenabstandsversuch, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein. Versuchsbericht Ökologischer Landbau 1997.
- LINDENTHAL, T., C.R. VOGL, & J. HESS, 1996: Forschung im ökologischen Landbau. Förderungsdienst SH 2c.
- NIEBERG, H., R. STROHM-LÖMPCKE, J. RIEDEL, 2003: Wirtschaftlichkeit des Anbausystems „Weite Reihe“ im Getreideanbau. In FREYER, B. (Hrsg.): Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau; Verlag Universität für Bodenkultur, Institut für ökologischen Landbau, Wien.
- POMMER, G., 2003: Auswirkungen von Saatstärke, weite Reihe und Sortenwahl auf Ertrag und Backqualität von Winterweizen. In FREYER, B. (Hrsg.): Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau; Verlag Universität für Bodenkultur, Institut für ökologischen Landbau, Wien.
- PIORR, A., W. WERNER, 1998: Nachhaltige landwirtschaftliche Produktionssysteme im Vergleich: Bewertung anhand von Umweltindikatoren. Schriftenreihe agrarspectrum, Band 28.
- PIORR, A., W. WERNER, 1999: Nachhaltige Landbewirtschaftungssysteme im Vergleich –Bewertung anhand von Umweltindikatoren. Arbeiten der DLG/Band 195, 121-150.
- SCHWERTMANN, U., W. VOGL, M. KAINZ, 1987: Bodenerosion durch Wasser. Verlag Eugen Ulmer.
- STÖPPLER, M., 1989: Weizen im ökologischen Landbau, KTBL Arbeitspapier 138.
- STROHM-LÖMPCKE, R., J. RIEDEL, H. NIEBERG, 2002: Praxiseinführung des Anbaukonzeptes Weite Reihe für eine umweltgerechte Getreideproduktion unter besonderer Berücksichtigung des Qualitätsaspektes bei Backweizen –Betriebswirtschaftliche Analyse-; FE-Bericht FAL Braunschweig, Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume.
- STUTE, J., 1996: Erlaubt ist, was dem Boden nützt. *bioland* 3/96, 12-14.
- TJURIN, J.V. 1956: Der Bodenbildungsprozess, die Bodenfruchtbarkeit und das Stickstoffproblem in der Bodenkunde und im Ackerbau (russ.). *Počvovedenie*, Moskau H. 3, 1-17.